ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 MAI 1922.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BERTIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **René Benoît**, Correspondant de l'Académie pour la Section de Physique générale, et celui de Sir **Patrick Manson**, Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie.

M. **Émile Picard** s'exprime en ces termes :

M. **René Benoît**, dont M. le Président vient d'annoncer la mort, était Correspondant de la Section de Physique générale depuis 1903. Son nom reste à jamais inscrit dans l'histoire du Bureau international des Poids et Mesures, dont il a été Directeur durant vingt-cinq ans. Il a été l'initiateur de la plupart des travaux entrepris pendant ce temps au Pavillon de Breteuil, et il collabora avec M. Michelson dans les belles recherches sur la mesure du mètre en longueurs d'onde. Sa puissance de travail et sa grande habileté technique dans les mesures métrologiques ont fait l'admiration de tous ceux qui l'ont connu. M. Benoît avait demandé en 1915 à être déchargé de ses fonctions, et il était resté Directeur honoraire de la célèbre maison de Sèvres, où s'était écoulée une grande partie de sa fructueuse carrière.

L'Académie envoie ses condoléances émues à la famille de son regretté Correspondant.

M. **F. Mesnil** donne lecture de la Notice nécrologique suivante :

Sir **Patrick Manson** a succombé le 9 avril dernier; il était né le 3 octobre 1844 dans le comté d'Aberdeen, en Écosse.

Pendant une vingtaine d'années, jusqu'en 1892, Manson a exercé la médecine en Extrême-Orient, sur les côtes de Chine. C'est là qu'il s'initia à la pathologie spéciale aux tropiques, de laquelle on savait si peu de choses à l'époque de ses débuts. Vivement intéressé par tout ce qu'il découvrait, il chercha à approfondir l'étiologie de quelques maladies et il s'attaqua au problème de la filariose. Il eut l'idée que les embryons sanguicoles de la filaire ne pouvaient normalement quitter l'organisme humain qu'à la faveur de leur absorption par quelque insecte suceur de sang. Et ayant constaté la périodicité nocturne, pour la circulation périphérique, de ces microfilaires, il pensa à un rôle des moustiques qui avaient une périodicité analogue quant à leurs heures de piqûres. L'hypothèse se vérifia et, en découvrant l'évolution du nématode chez le moustique, Manson posait le premier jalon solide de l'Entomologie médicale, qui a pris depuis une si grande extension.

Cette découverte, qui remonte à 1877, devait avoir, en particulier, une répercussion directe sur le problème de la transmission du paludisme. En 1884, dans son *Traité des fièvres palustres*, notre illustre confrère M. Laveran posait nettement le problème sous cette forme interrogative : « Les Moustiques jouent-ils un rôle dans la pathogénie du paludisme comme dans celle de la filariose? La chose n'est pas impossible; il est à noter que les Moustiques abondent dans les localités palustres. » Et il y revenait avec plus de force encore en 1894. Manson, dans un article paru en 1894, formule le même programme de recherches et son disciple, le major R. (maintenant sir Ronald) Ross, s'attache à le mener à bonne fin. On sait comment il y réussit en établissant, toujours sur le conseil de P. Manson, qu'un hématozoaire aviaire, extrêmement voisin de l'hématozoaire de Laveran, ingéré par un moustique, y accomplit une évolution et est réinoculé à l'homme par la piqûre de l'insecte.

C'est encore sur les initiatives de Patrick Manson qu'une mission fut envoyée dans la campagne romaine en 1900 et que des moustiques, infectés sur des paludéens et expédiés à Londres, y transmirent la maladie : preuve cruciale de leur rôle.

On voit donc toute la part qui revient à sir Patrick dans cette question, d'une si grande importance hygiénique, de l'étiologie du paludisme.

Ces titres ne pouvaient manquer d'attirer l'attention de l'Académie et, en 1910, elle attribuait au doyen de la pathologie tropicale une place de Correspondant dans la Section de Médecine et Chirurgie, apportant ainsi sa consécration à l'œuvre, d'une si grande portée, de sir Patrick Manson.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Déshydratation du méthyl-2-phényl-2-propanol-1 et du diméthyl-2.2-phényl-3-propanol-1*. Note de M. **A. Haller** et de Mme **Ramart**.

Dans une Communication précédente (1) l'un de nous, en collaboration avec M. E. Bauer, a décrit les alcools

$$C^6H^5CH^2C(CH^3)^2-CH^2OH \quad \text{et} \quad C^6H^5C(CH^3)^2-CH^2OH.$$

Ces molécules présentent un grand intérêt à cause des transpositions moléculaires qui se produisent quand on les déshydrate et qu'il ne se forme pas de chaîne triméthylénique. Par perte d'une molécule d'eau, ces alcools peuvent respectivement donner naissance aux carbures :

A. $C^6H^5C(CH^3)(CH^3)-CH^2OH$

(1) $C^6H^5C(CH^3)=CH-CH^3$

(2) $C^6H^5CH=C(CH^3)^2$

B. $C^6H^5CH^2C(CH^3)(CH^3)-CH^2OH$

(3) $C^6H^5CH^2C(CH^3)=CH-CH^3$

(4) $C^6H^5CH^2CH=C-(CH^3)^2$

suivant que le groupe migrateur est, pour A, le méthyle ou le phényle, et, pour B, le méthyle ou le benzyle.

Cette étude avait été commencée sur le *méthyl-2-phényl-2-propanol-1* avec notre regretté collaborateur (2). Nous avons repris ce travail dans le but de préciser le sens de ces transpositions suivant le mode de déshydratation employé. Nous avons préparé les carbures de la façon suivante :

Carbure a. — En faisant passer les vapeurs de l'alcool sur des agglomérés de terre d'infusoires à une température de 300° à 400°.

Carbure b. — Par action de $SOCl^2$ sur l'alcool avec ou sans pyridine.

Carbure c. — En traitant le chlorure que l'on obtient en même temps que le carbure *b* par de la pyridine.

L'analyse assigne à chacun de ces carbures la formule brute $C^{10}H^{12}$.

(1) *Ann. de Physique et Chimie*, 9e série, t. 9, p. 5.

(2) *Loc. cit.*, p. 10.

Nous devons dire que dans chaque cas nous avons observé les deux transpositions indiquées plus haut, mais l'orientation de la transposition varie quantitativement suivant les conditions expérimentales.

Carbure a. Déshydratation du méthyl-2-phényl-2-propanol-1. — Comme il a été indiqué plus haut, cette déshydratation a été effectuée en faisant passer les vapeurs de l'alcool sur des agglomérés de terres d'infusoires. Le produit condensé a été rectifié et l'on a recueilli un liquide qui distille à 181°-183° sous 760^{mm}. Ce produit décolore immédiatement le brome, réduit à froid MnO^4K et, traité par le nitrite de sodium, en présence d'acide acétique, il donne un nitrosite de formule $C^{10}H^{12}O^3N^2$ fondant à 150°.

Carbure b. Action de $SOCl^2$ *sur le méthyl-2-phényl-2-propanol-1.* — I. Sans pyridine. On fait tomber à froid $SOCl^2$ sur l'alcool à une température voisine de 0°. On abandonne plusieurs heures le mélange et l'on chasse l'excès de $SOCl^2$ dans le vide. Après plusieurs rectifications nous avons isolé un carbure bouillant à 181°-189° et un chlorure distillant à 104°-105° sous 18^{mm}.

Nous avons vérifié que, contrairement à ce que nous avions d'abord supposé ([1]), ce chlorure est bien le chlorure primaire $C^6H^5\overset{(CH^3)^2}{\overset{|}{C}}-CH^2Cl$. En effet, traité par de l'acétate d'argent en tube scellé, à une température de 120°, ce chlorure donne un acétate, et cet acétate, saponifié, fournit l'alcool $C^6H^5\overset{(CH^3)^2}{\overset{|}{C}}-CH^2OH$ primitif que nous avons caractérisé par sa phénylméthane fondant à 59°.

II. La même opération a été faite en présence de pyridine et les résultats obtenus ont été les mêmes, mais nous avons eu trop peu de carbure pour pouvoir le séparer totalement du chlorure. Nous avons traité le mélange carbure-chlorure par de la pyridine en tube scellé.

Carbure c. Action de la pyridine sur $C^6H^5C\begin{smallmatrix}\diagup CH^3\\ -CH^2Cl\\ \diagdown CH^3\end{smallmatrix}$. — Ce chlorure a été chauffé à 120° en tube scellé avec un excès de pyridine. Le carbure que l'on obtient ainsi distille à 180°-190°, mais avec un palier important à 187°-190°.

Identification de ces différents carbures. — Une oxydation préliminaire

---

([1]) *Loc. cit.*, p. 14.

nous avait donné, comme produits d'oxydation, de l'acide benzoïque, de l'acétone, de l'acétophénone et de l'acide acétique. Nous étions donc conduits à considérer nos carbures comme formés d'un mélange des carbures (1) et (2). Le carbure (1) que nous avons reproduit en déshydratant l'isopropylphénylcarbinol nous a donné un nitrosite fondant à 150°, identique à celui du carbure *a*. Le carbure (2) ne nous a pas fourni de nitrosite.

Ces deux carbures (1) et (2) avaient déjà été préparés par M. Klages ([1]) et par M. Tiffeneau ([2]) et les points d'ébullition mentionnés par ces savants étaient pour le (1) 179°-181° et pour le (2) 186°-187° d'après M. Tiffeneau et 189°-191° d'après M. Klages. La séparation de ces carbures par distillation fractionnée n'était guère possible, étant donnée la quantité de produits dont nous disposions. Nous avons pu cependant avoir une idée approximative de la composition du mélange dans chacune des opérations en pesant la semi-carbazone de l'acétophénone obtenue en oxydant dans les mêmes conditions les carbures des différentes origines.

Cette oxydation a été faite au moyen de CrO^3 en solution acétique à une température inférieure à 60°; dans chaque cas, nous avons employé 5^g de carbure, 7^g de CrO^3 (léger excès) et 50^g d'acide acétique. Nous avons toujours régénéré du carbure ayant échappé à l'oxydation.

Voici les poids de semi-carbazone de l'acétophénone obtenue comme il vient d'être dit :

	Semi-carbazone.
Carbure *a* (agglomérés)	traces
	g
Carbure *b* ($SOCl^2$ sans pyridine)	0,5
» ($SOCl^2$ avec pyridine)	1,5
Carbure *c* (chlorure + pyridine)	2
Carbure $C^6H^5C(CH^3)=CH\,CH^3$ (pur)	3

(Il n'y a pas d'acide benzoïque par oxydation.)

([1]) M. Klages les a obtenus en traitant les chlorures

$$C^6H^5C(CH^3)Cl - CH^2CH^3 \quad \text{et} \quad C^6H^5CHCl - CH - (CH^3)^2$$

par de la pyridine (*B. Ber.*, t. 35, p. 2641 et 3507; t. 37, p. 1724).

([2]) M. Tiffeneau a déshydraté les alcools

$$C^6H^5C(CH^3) - OH - CH^2CH^3 \quad \text{et} \quad C^6H^5CHOH - CH - (CH^3)^2$$

par de l'acide oxalique (*Ann. Phys. et Chim.*, 8e série, t. 10, p. 362).

Nous voyons donc que le carbure *a* est composé presque exclusivement de

$$C^6H^5CH = C\begin{matrix} / CH^3 \\ \backslash CH^3 \end{matrix}$$

et que le carbure formé en présence de pyridine ou par l'action de la pyridine sur le chlorure est composé en majeure partie de

$$\begin{matrix} CH^3 \\ / \\ C^6H^5C = CH - CH^3. \end{matrix}$$

Déshydratation du phényl-3-diméthyl-2.2-propanol-1. — Ici encore la transposition se fait dans les deux sens et varie avec le mode d'obtention du carbure. Cependant, les résultats ont été moins précis, car nous avons éprouvé une certaine difficulté à obtenir le chlorure. D'autre part, la benzylméthylcétone ne se prête pas aussi facilement que l'acétophénone à une détermination quantitative par suite de la facilité avec laquelle

$$C^6H^5CH^2CO.CH^3$$

s'oxyde en acide benzoïque et acide acétique (avec MnO^4K cette oxydation est rapide).

Carbure d. Déshydratation au moyen des agglomérés de terre d'infusoires. — Le liquide obtenu dans les conditions déjà décrites distille à 198°-202° sous 760mm. Il présente tous les caractères d'un carbure non saturé. Traité par le nitrite d'amyle et l'acide azotique il donne un nitrosate de formule $C^{11}H^{14}O^4N^2$ fondant à 159°-160° en se décomposant. L'analyse de ce carbure lui assigne la formule $C^{11}H^{14}$.

Carbure e. Action de $SOCl^2$ *sur le phényl-3-diméthyl-2.2-propanol-1.* — Au lieu d'obtenir seulement le mélange de chlorure et de carbure comme dans le cas précédent nous avons obtenu en assez grande quantité un produit blanc cristallisé insoluble dans l'éther fondant à 176°-177° dont nous poursuivons l'étude.

L'action du pentachlorure de phosphore sur le même alcool ne nous a pas donné de meilleurs résultats et le produit principal de la réaction est une huile ne distillant pas encore à 180° sous 18mm.

Nous avons alors réuni les mélanges de carbure et d'alcool obtenus dans ces deux réactions et nous les avons traités par de la pyridine en tube scellé à 120°-130°. Nous avons isolé un produit distillant à 198°-203°. C'est un carbure de formule $C^{11}H^{14}$ (nous n'avons pu obtenir de nitrosate).

Oxydation des carbures d et e. — L'oxydation a été faite dans les mêmes conditions que les carbures précédents et nous avons isolé dans les deux cas :

1° De l'acétone caractérisée par sa transformation en CHI^3;

2° De l'acide benzoïque;

3° De la benzylméthylcétone caractérisée par sa semi-carbazone fondant à 196°-197°.

Dans l'oxydation du carbure *d* (1) la quantité d'acide benzoïque et d'acétone est élevée, alors qu'avec le carbure *e* le poids d'acide benzoïque obtenu est faible et celui de la semi-carbazone de $C^6H^5CH^2CO—CH^3$ relativement fort.

Nous sommes donc amenés à considérer le carbure *d* comme formé en très grande partie de $C^6H^5CH^2CH = C(CH^3)^2$ qui par oxydation donne de l'acétone et de l'acide benzoïque (l'acide phénylacétique s'oxydant en acide benzoïque).

Le carbure *e* contient presque exclusivement du carbure

$$\begin{array}{c} \quad\ CH^3 \\ \quad\ | \\ C^6H^5CH^2C = CH.CH^3 \end{array}$$

qui par oxydation fournit

$$C^6H^5CH^2CO.CH^3 + CH^3COOH.$$

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les lignes asymptotiques des surfaces. Étude d'un cas particulier.* Note de M. C. **Guichard**.

Je prends les six coordonnées d'une ligne droite sous la forme symétrique, c'est-à-dire que la somme des carrés des six coordonnées est nulle. Je considère un réseau N (réseau dont le ds^2 est nul) dans un espace d'ordre 6; je désigne par $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_6$ les paramètres normaux de la première tangente à ce réseau; par $y_1, y_2, \ldots, y_6$ ceux de la seconde tan-

---

(1) Ce carbure a été préparé par M. Klages en faisant agir la pyridine sur

$$\begin{array}{l} C^6H^5CH^2CH^2CCl \\ \qquad\qquad\quad\ | \\ \qquad\qquad\ (CH^3)^2 \end{array}$$

(*Chem. Centr.*, 1904, p. 217).

gente. On a les équations

$$(1)\qquad \begin{cases} \dfrac{\partial \xi}{\partial v} = n y \\[2ex] \dfrac{\partial y}{\partial u} = m \xi \end{cases} \qquad (\Sigma \xi^2 = \Sigma \xi y = \Sigma y^2 = 0).$$

On vérifiera facilement que

$$\frac{\partial}{\partial v} \sum \left(\frac{\partial \xi}{\partial u} \right)^2 = 0, \qquad \frac{\partial}{\partial u} \sum \left(\frac{\partial y}{\partial v} \right)^2 = 0,$$

de sorte que par un choix convenable des variables u et v on peut supposer que l'on a

$$(2)\qquad \sum \left(\frac{\partial \xi}{\partial u} \right)^2 = 1, \qquad \sum \left(\frac{\partial y}{\partial v} \right)^2 = -1.$$

On voit facilement que l'on a

$$(3)\qquad \sum \xi \frac{\partial \xi}{\partial u} = \sum \xi \frac{\partial y}{\partial v} = \sum y \frac{\partial \xi}{\partial u} = \sum y \frac{\partial y}{\partial v} = \sum \frac{\partial \xi}{\partial u} \frac{\partial y}{\partial v} = 0.$$

Cela posé, il existe une droite AT ayant pour coordonnées $y_1, y_2, \ldots, y_6$ et une droite AS dont les coordonnées sont $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_6$. La surface (A) est rapportée à ses asymptotiques; AT est la première tangente asymptotique, AS la seconde. Ce résultat est une conséquence immédiate de la théorie des douze surfaces de M. Darboux.

Il résulte de là qu'*à toute propriété métrique des réseaux* N *correspond une propriété dualo-projective des asymptotiques d'une surface et réciproquement.*

Je vais appliquer cette remarque à l'étude des deux problèmes suivants qui se déduisent l'un de l'autre par une transformation dualistique.

α. *Déterminer les surfaces* A *telles qu'un point* M *de* AT *décrive une surface rapportée à ses asymptotiques.* La première tangente MG de M sera dans le plan TAS.

β. *Déterminer les surfaces* A *telles qu'un plan* μ *passant par* AT *enveloppe une surface rapportée à ses asymptotiques.*

La première tangente de l'enveloppe est une droite AH passant par A.

Une droite Δ située dans le plan tangent en A ou passant par A, en excluant les droites qui appartiennent au faisceau AT, AS, a pour coordonnées des quantités $X_1, X_2, \ldots, X_6$ de la forme

$$(4)\qquad X = P\xi + Qy + \frac{\partial \xi}{\partial u} \pm \frac{\partial y}{\partial v},$$

où P et Q sont des fonctions quelconques de u et v; le signe $+$ correspond, par exemple, aux droites du plan tangent; le signe $-$ aux droites qui passent par A. On vérifie en effet, en tenant compte des équations (1), (2), (3), que les quantités X sont les coordonnées d'une droite et que cette droite rencontre AT et AS.

Cela posé, si l'on écrit que les six fonctions X satisfont à une même équation de Laplace, on trouve que cette équation est forcément une équation de Moutard. Deux cas peuvent alors se présenter :

1° Les deux expressions

$$\sum\left(\frac{\partial X}{\partial u}\right)^2, \quad \sum\left(\frac{\partial X}{\partial v}\right)^2$$

sont différentes de zéro. La droite Δ décrit une congruence W à invariants égaux, la surface A est une de ces surfaces qui ont été étudiées par MM. Demoulin et Tzitzeica et qu'ils ont appelés une surface R. Dans ce cas, le réseau N qui correspond à A est 3o.

2° L'une de ces expressions est nulle; dans le cas où Δ coïncide avec MG ou avec AH, on doit avoir

$$\sum\left(\frac{\partial X}{\partial u}\right)^2 = 0;$$

c'est le cas qui nous occupe. Je suppose que la propriété α existe; la surface A possède par rapport à la surface M la propriété β; donc les six coordonnées de AT satisfont à une équation à invariants égaux. Or, dans le cas général, cette équation est

$$\frac{\partial^2 y}{\partial u\, \partial v} = \frac{1}{m}\frac{\partial m}{\partial v}\frac{\partial y}{\partial u} + muy.$$

Si cette équation est à invariants égaux, on pourra réduire m à l'unité. Les quantités y satisferont à une équation de Moutard

$$\frac{\partial^2 y}{\partial u\, \partial v} = ny$$

telles que

$$\sum y^2 = 0, \qquad \sum\left(\frac{\partial y}{\partial u}\right)^2 = 0.$$

Cela revient à dire que la seconde tangente du réseau N décrit une congruence C. La réciproque s'établit facilement :

Soient N un réseau possédant la propriété indiquée, NA sa première tangente, NB la deuxième, qui, par hypothèse, décrit une congruence C. Il

existe une infinité de réseau O harmoniques à NB, la première tangente de ce réseau O, étant conjuguée au réseau N, décrit une congruence J (congruence applicable sur une congruence située dans un espace d'ordre 2); il existera donc une deuxième congruence N′B′ harmonique à ce réseau O et possédant la même propriété que la congruence NB. A ces droites NB, N′B′ correspondent dans l'espace ordinaire deux droites qui ne se rencontrent pas et qui sont les premières tangentes de surfaces rapportées à leurs asymptotiques. Maintenant, d'après la loi d'orthogonalité des éléments à la congruence NB qui est C, correspond la congruence NA qui est H (congruence applicable au deuxième degré sur une autre congruence située dans un espace d'ordre 6). Il y a donc un autre réseau nul N_1 (il y en a même une infinité) tel que sa première tangente N_1A_1 forme une congruence applicable au second degré sur la congruence NA. Je coupe N_1 par un plan isotrope, il y correspond sur N une congruence PQ qui est une congruence I et dont le deuxième réseau focal Q est un réseau R (réseau applicable au deuxième degré sur un réseau de l'espace d'ordre 4).

Je coupe maintenant le réseau N_1 par un plan isotrope perpendiculaire au précédent. Il y correspond sur N une congruence P′Q′ analogue à PQ. Le point O, intersection de PQ et de P′Q′, décrit un réseau de O dont la première congruence focale est J. A ce réseau O sont harmoniques deux congruences analogues à NB et à N′B′; les paramètres directeurs de ces droites sont évidemment de la forme (4). A l'une d'elles correspond une droite telle que MC, à l'autre une droite telle que AH, donc :

Les deux propriétés (α) *et* (β) *existent simultanément; quand elles existent, elles existent d'une infinité de manières. Pour cela, il faut et il suffit que l'équation de Laplace à laquelle satisfont les six coordonnées de* AT *soit à invariants égaux. Dans ces conditions, les surfaces déduites de* (A) *par les opérations* (α) *ou* (β) *possèdent la même propriété que la surface* (A).

Soient maintenant A une surface satisfaisante, θ_1, θ_2, θ_3 les paramètres directeurs de la première tangente AT; les fonctions θ satisfaisant à une équation à invariants égaux, il existe une surface (A′), rapportée à ses asymptotiques et dont la normale est parallèle à AT. On voit facilement qu'il y a réciprocité entre les surfaces (A) et (A′), donc le problème posé est équivalent au suivant :

Trouver deux surfaces (A) *et* (A′) *sur lesquelles les asymptotiques se correspondent et telles que la normale à l'une soit parallèle à la première tangente asymptotique à l'autre.*

Je suppose maintenant que l'on projette le réseau N satisfaisant à la

question sur un espace d'ordre 3. On obtiendra un réseau C dont la deuxième congruence focale est à invariants égaux; il est clair que d'un tel réseau C on pourra remonter au réseau N; donc, le problème posé est équivalent au suivant :

Trouver un réseau C dont la deuxième congruence focale est une congruence de Ribaucour.

Je prends un réseau point parallèle à ce réseau C; soient $O\alpha$ et $O\beta$ les tangentes de ce réseau point; il existe une infinité de congruences PQ harmoniques à ce réseau qui sont des congruences O; le premier réseau focal P de cette congruence est un réseau formé d'une famille de géodésiques. Ce réseau étant conjugué à $O\beta$ est à invariants égaux; il est clair que la réciproque est exacte. On a donc le problème équivalent suivant :

Trouver un réseau à invariants égaux au point de vue ponctuel et comprenant une famille de géodésiques.

M. E. Goursat fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier sous le titre : *Leçons sur le problème de Pfaff.*

NOMINATIONS.

L'Académie charge M. Bazy de la représenter, le 14 mai, à l'inauguration du monument élevé à la mémoire de M. *Lucas Championnière*, à l'Hôtel-Dieu.

M. F. Mesnil est adjoint à la délégation qui représentera l'Académie aux fêtes du *cent-cinquantième anniversaire de l'Académie Royale de Belgique.*

CORRESPONDANCE.

M. Ed. Retterer prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Anatomie et Zoologie, par le décès de M. *Ranvier.*

ALGÈBRE. — *Sur un nouveau théorème d'Algèbre.* Note de M. **Paul Montel.**

1. J'ai établi récemment quelques propositions fixant une limite supérieure des modules des zéros des polynomes assujettis à certaines conditions ([1]). Je me propose d'indiquer maintenant un théorème général de la même nature.

Supposons que l'on fixe les valeurs d'un polynome $P(x)$ et de certaines de ses dérivées en h points déterminés $x_1, x_2, \ldots, x_h$; par exemple, supposons donnés les nombres

$$\begin{array}{llll} P(x_1), & P'(x_1), & \ldots, & P^{(\alpha_1-1)}(x_1), \\ P(x_2), & P'(x_2), & \ldots, & P^{(\alpha_2-1)}(x_2), \\ \ldots\ldots, & \ldots\ldots, & \ldots, & \ldots\ldots\ldots, \\ P(x_h), & P'(x_h), & \ldots, & P^{(\alpha_h-1)}(x_h). \end{array}$$

Si

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \ldots + \alpha_h = p + 1,$$

ces nombres déterminent un polynome $Q(x)$ dont le degré est effectivement p, à moins que les valeurs données ne vérifient une relation particulière. Si l'on pose

$$R(x) = (x - x_1)^{\alpha_1}(x - x_2)^{\alpha_2}\ldots(x - x_h)^{\alpha_h},$$

le polynome $P(x)$ pourra se mettre sous la forme

$$(1)\quad P(x) = Q(x) + R(x)(a_1 x^{n_1} + a_2 x^{n_2} + \ldots + a_k x^{n_k}) \quad (0 \leqq n_1 < n_2 < \ldots < n_k).$$

On peut alors énoncer la proposition suivante :

Un polynome $P(x)$, *assujetti à prendre, ainsi que certaines de ses dérivées, des valeurs données en des points donnés, ces valeurs étant en nombre suffisant pour déterminer un polynome effectivement de degré* p, *a toujours* p *zéros dans un cercle de centre origine dont le rayon ne dépend que des données et du nombre* k *des paramètres arbitraires qui figurent dans le polynome* $P(x)$ *mis sous la forme* (1).

Dans le cas particulier où $h = 1$ et $\alpha_1 = p + 1$, on retombe sur le théorème signalé précédemment et correspondant à des polynomes dont on a fixé, à l'origine, la valeur ainsi que celles de leurs p premières dérivées ([2]).

2. Le théorème qui précède est à rapprocher de la proposition suivante :

([1]) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 850.
([2]) *Loc. cit.*

dans les conditions indiquées au paragraphe 1, l'un des polynomes $P(x)$ *ou* $P(x) - 1$ a p zéros dans un cercle de centre origine dont le rayon ne dépend que des données et non du nombre k (1).

Comme on peut, dans le théorème énoncé au paragraphe précédent, remplacer $P(x)$ par $P(x) - 1$, on voit que la différence entre les deux propositions réside dans le fait de supprimer l'alternative « $P(x)$ ou $P(x) - 1$ » et d'introduire le nombre k dans l'expression du module maximum des p zéros de plus petits modules.

Ainsi, à chaque théorème formant une généralisation du théorème de Picard sur les valeurs exceptionnelles, correspond une proposition qui, appliquée à des polynomes, fait disparaître l'alternative entre les fonctions $P(x)$ et $P(x) - 1$, mais fait apparaître le nombre des termes ou des arbitraires figurant dans le polynome.

3. Lorsque le polynome $P(x)$ satisfait à une relation fonctionnelle telle que, à chaque zéro de $P(x)$, corresponde un zéro de $P(x) - 1$ de module au plus égal à celui du premier, les théorèmes des deux groupes deviennent identiques.

Il en sera, en particulier ainsi, lorsque les exposants des monomes qui constituent $P(x)$ forment une progression arithmétique. On obtient alors le théorème :

Le polynome

$$P(x) = 1 + x^p + a_1 x^{p+q} + \ldots + a_{k-1} x^{p+(k-1)q}$$

a toujours p zéros dont les modules ne dépassent pas un nombre fixe indépendant de q et du nombre k des termes du polynome, à condition que p ne soit pas divisible par q.

Si le nombre p varie en restant supérieur à un entier fixe p', il existe toujours p' racines de l'équation $P(x) = 0$ dont les modules ne dépassent pas un nombre fixe qui ne dépend que de p'.

Ce théorème s'étend immédiatement à une fonction analytique $f(x)$ définie par le développement de Taylor

$$f(x) = 1 + x^p + a_1 x^{p+q} + \ldots + a_k a^{p+kq} + \ldots \qquad (p' \leqq p).$$

Il existe un cercle de centre origine dont le rayon ne dépend que de p', tel que toute fonction holomorphe dans ce cercle y admette p' zéros.

---

(1) P. Montel, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 143. — *Sur les familles quasi normales de fonctions holomorphes* (*Mémoires de l'Académie royale de Belgique*, 1922, p. 33).

Si l'on prend, en particulier, $p' = 1$, le rayon du cercle a une valeur numérique fixe et l'on retrouve un théorème déjà démontré par M. Landau ([1]).

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur une démonstration et la généralisation du théorème de Menabrea.* Note ([2]) de M. **J. Sudria**, présentée par M. G. Kœnigs.

Deux démonstrations du théorème, énoncé en 1868 par le général Menabrea, ont déjà été données par M. Liénard et par M. Bertrand de Fontviolant ([3]).

La démonstration simple suivante suggère des généralisations diverses :

1. *Position du problème.* — Étant donné un système hyperstatique soumis à des forces $F_1, F_2, \ldots, F_n$, si on le rend isostatique et si on lui applique de nouvelles forces $R_1, R_2, \ldots, R_p$ égales aux forces de liaison surabondantes ainsi supprimées, le potentiel du système est une fonction quadratique des F et des R et l'on peut écrire

$$\Pi = \frac{1}{2}\Sigma(b_{ii}R_i^2 + 2b_{ij}R_iR_j) + \varphi,$$

φ étant une fonction du premier degré de ces réactions, et du second degré par rapport aux F.

Le général Menabrea avait remarqué, en partant du théorème de Castigliano, que les R satisfont aux équations

$$(1) \qquad \frac{\partial \Pi}{\partial R_1} = \frac{\partial \Pi}{\partial R_2} = \ldots = \frac{\partial \Pi}{\partial R_p} = 0 \qquad \text{ou} \qquad d\Pi(R_1, R_2, \ldots, R_p) = 0.$$

Il avait énoncé, sans démonstration, que les valeurs que prennent, en fait, les R rendent Π minimum.

2. *Démonstration.* — Les conditions du premier ordre (1) étant satisfaites, il suffit de montrer que $d^2\Pi(R_1, R_2, \ldots, R_p)$ est positif; or,

$$d^2\Pi = \frac{1}{2}d^2\Sigma(b_{ii}R_i^2 + 2b_{ij}R_iR_j) = \Sigma b_{ii}\overline{dR_i}^2 + 2b_{ij}\,dR_i\,dR_j.$$

([1]) *Sur quelques généralisations du théorème de M. Picard* (*Annales scientifiques de l'École Normale supérieure*, 3e série, t. **24**, 1907, p. 189).

([2]) Séance du 1er mai 1922.

([3]) *Bull. des Sciences math.*, octobre 1921.

C'est l'expression de 2Π, dans laquelle on a remplacé les valeurs des forces appliquées par zéro, et les réactions par leurs différentielles.

La fonction Π étant positive pour toutes les valeurs des R et des F il en est de même de $d^2\Pi$. C. Q. F. D.

3. *Remarque.* — Le théorème de Menabrea est une application de la proposition générale suivante, qui n'est que l'extension d'une propriété du trinome du second degré :

« Étant donnée une fonction du second degré, de plusieurs variables, non nécessairement quadratique, mais dont l'ensemble des termes de second degré constituent une fonction quadratique *définie positive*, la fonction passe effectivement par un minimum pour les valeurs des variables satisfaisant aux conditions de premier ordre, pour un extrémum. »

La démonstration est identique à la précédente.

4. *Généralisation.* — Soit un système de corps isotropes ou à fibre moyenne, isostatique ou hyperstatique, soumis à des forces appliquées. Supposons que sous l'influence de ces forces, le corps se déformant, certains points viennent à être arrêtés par des obstacles avant que la déformation totale ne soit atteinte. Soient R_1, R_2, ..., R_p les réactions de ces obstacles quand le corps est en équilibre, λ_1, λ_2, ..., λ_p les projections respectives, sur les forces R, des déplacements des points ainsi arrêtés (quelques-uns de ces déplacements pouvant être nuls, cas des obstacles agissant dès le début de la déformation). Les valeurs que prennent, en fait, les R rendent minima l'expression

$$\Theta = \Pi - \sum_{j=1}^{j=p} R_j \lambda_j,$$

considérée comme fonction des R.

En effet, d'après le théorème de Castigliano $\frac{\partial \Pi}{\partial R_j} = \lambda_j$ ou $\frac{\partial \Theta}{\partial R_j} = 0$; les conditions de premier ordre pour l'extrémum étant remplies, le théorème montre que Θ passe par un minimum.

5. *Théorème corrélatif du théorème de Menabrea.* — Dans le cas d'un *nombre fini* de forces, les équations $\lambda_i = \frac{\partial \Pi}{\partial F_i}$ peuvent se résoudre par rapport à ces forces ; le déterminant est le discriminant d'une fonction quadratique définie positive, il est donc différent de zéro.

On a ainsi

$$F_i = b'_{i1}\lambda_1 + b'_{i2}\lambda_2 + \ldots + b'_{in}\lambda_n$$

et le potentiel interne s'écrit

$$\Pi = \frac{1}{2}\Sigma(b'_{ii}\lambda_i^2 + 2\,b'_{ij}\lambda_i\lambda_j),$$

d'où un premier résultat corrélatif du théorème de Castigliano

$$F_i = \frac{\partial\Pi}{\partial\lambda_i}.$$

Considérons encore, comme dans le théorème de Menabrea généralisé, des points du système supportant des forces inconnues ayant des déplacements imposés $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n$ et d'autres supportant des forces connues F_α, $F_\beta, \ldots, F_\nu$. Les déplacements que prennent ces derniers points ont des projections (sur les forces respectives) qui rendent minima l'expression

$$\Theta = \Pi(\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n; \lambda_\alpha, \lambda_\beta, \ldots, \lambda_\nu) - (\lambda_\alpha F_\alpha + \lambda_\beta F_\beta + \ldots + \lambda_\nu F_\nu)$$

considérée comme fonction des $\lambda_\alpha, \lambda_\beta, \ldots, \lambda_\nu$.

On a, en effet, d'après le théorème corrélatif de celui de Castigliano,

$$\frac{\partial\Pi}{\partial\lambda_\alpha} = F_\alpha, \quad \frac{\partial\Pi}{\partial\lambda_\beta} = F_\beta, \quad \ldots, \quad \frac{\partial\Pi}{\partial\lambda_\nu} = F_\nu$$

ou

$$\frac{\partial\Theta}{\partial\lambda_\alpha} = \frac{\partial\Theta}{\partial\lambda_\beta} = \ldots = \frac{\partial\Theta}{\partial\lambda_\nu} = 0$$

et la proposition générale déjà invoquée montre que Θ est minimum pour les valeurs que prennent effectivement $\lambda_\alpha, \lambda_\beta, \ldots, \lambda_\nu$.

C'est le théorème corrélatif du théorème de Menabrea généralisé.

Il peut s'interpréter ainsi, dans le cas où les seules charges sont les forces connues : *De toutes les déformations virtuelles que l'on peut concevoir pour un système de corps soumis à des forces données, celle qui correspond à l'équilibre est la déformation par laquelle la somme algébrique des travaux virtuels des forces extérieures et intérieures* $[\Sigma(F\lambda) - \Pi]$, *ou l'énergie cinétique virtuelle, est minima. Une analyse plus complète et d'ailleurs nécessaire permet d'étendre ce théorème au cas de charges continues quelconques.*

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur quelques cas de mouvements plans des fluides autour de solides avec tourbillons.* Note de M. **D. Riabouchinski**, présentée par M. G. Kœnigs.

Considérons le mouvement d'un liquide autour de deux plans minces, orthogonaux au courant, dans le cas où deux tourbillons de rotations oppo-

sées sont disposés entre eux, sur l'axe de symétrie. On obtient entre les variables $w = \varphi + i\psi$ et $\zeta = \frac{dz}{dw}$, en introduisant la variable auxiliaire t, la relation suivante :

$$(1) \quad \frac{dw}{dt} = -\frac{iq_0 bt(t^2-1)}{(t^2-b_1^2)^{\frac{1}{2}}(t^2-c_1^2)^{\frac{3}{2}}}, \qquad \frac{1}{\zeta} = q_1\sqrt{\left(1-\frac{t^2}{2a^2\sin^2\beta}\right)\left(1-\frac{t^2}{2a^2\cos^2\beta}\right)}.$$

Aux valeurs $t^2 = 0, 1, b_1^2, c_1^2, a^2, 2a^2\sin^2\beta, 2a^2\cos^2\beta$, correspondent respectivement, sur le plan z : le point M d'intersection de la ligne de courant réunissant les arêtes avec l'axe imaginaire, les arêtes des plans minces, les points $z = 0$ et $z = \infty$, les points de vitesse maxima sur les plans minces, les points médians sur les faces extérieures et intérieures des plans minces; b est un paramètre qui définit l'unité de longueur; q_0 et q_1 les vitesses à l'infini et au point M. En posant

$$(2) \quad A = \frac{b_1^2 - a^2}{a^2\cos 2\beta}, \qquad B = \frac{a^2 - c_1^2}{a^2\cos 2\beta}, \qquad C = \frac{a^2 - 1}{a^2\cos 2\beta}, \qquad \frac{q_0}{q_1} = \cot 2\beta\sqrt{B^2-1},$$

en faisant le changement de variables

$$(3) \qquad t^2 = a^2(t_1\cos 2\beta + 1), \qquad t_1 = \frac{1}{n - t_2} - B, \qquad t_2 = pu,$$

et en désignant par $l, d, h, P, \varkappa, \rho$ la largeur des plans minces, la distance qui les sépare, la distance entre les tourbillons, la résultante des pressions hydrodynamiques sur les plans minces, la circulation et la densité du fluide, on trouve

$$(4) \qquad \frac{l}{b} = \frac{2(B-C)}{\sqrt{B+A}}\left[\zeta v_0 + v_0\, p(v_0+\omega') + \frac{1}{2}\frac{p' v_0}{p v_0 - e_3}\right],$$

$$(5) \quad \frac{d}{l} = \frac{B-C}{\sqrt{B+A}}\frac{b}{l}\frac{\pi}{\omega}, \qquad \frac{h}{l} = \frac{2(B-C)}{\sqrt{B+A}}\frac{b}{l}[\zeta v + v\, p(v_0+\omega')], \qquad \frac{\varkappa}{q_0 l} = -\pi\frac{b}{l},$$

$$(6) \quad \frac{P}{\rho q_0^2 l} = -\frac{2}{(B^2-1)\sqrt{B+A}}\frac{b}{l} \times\left[\left(3B - C - \frac{p'' v}{p'^2 v}\right)\frac{\omega\zeta v - v\eta}{p' v} + \frac{B(B-C)^2 p'^2 v - 1}{(B-C)p'^2 v}\,\omega\right].$$

Dans ces formules

$$(7) \quad pv = n, \qquad p(v_0+\omega') = n - \frac{1}{B-C}, \qquad n = \frac{1}{3}\left(\frac{1}{B+A} + \frac{1}{B+1} + \frac{1}{B-1}\right);$$

$$(8) \quad \begin{cases} e_1 = \dfrac{2-k^2}{3\lambda^2} = n - \dfrac{1}{B+A}, \qquad e_2 = \dfrac{2k^2-1}{3\lambda^2} = n - \dfrac{1}{B+1}, \\ e_3 = -\dfrac{1+k^2}{3\lambda^2} = n - \dfrac{1}{B-1}, \end{cases}$$

et

$$\text{(9)} \qquad A = \frac{2B - (B+1)k^2}{(B+1)k^2 - 2} > 0,$$

$$\text{(10)} \qquad \lambda^2 = \frac{1}{2}(B^2 - 1)k^2,$$

$$\text{(11)} \qquad B \geq \frac{2 - k^2}{k^2}.$$

On obtient encore, entre les coefficients A, B, C, en exprimant que les points médians des deux faces des plans minces coïncident sur le plan z, la relation (12)

$$\text{(12)} \qquad \frac{\eta}{\omega} = \frac{E}{\lambda^2 K} - e_1 = \frac{1}{B - C} - n,$$

$$\text{(13)} \qquad \lambda^2 = \frac{2k^2(K - E)(E - k'^2 K)}{[(K - E) - (E - k'^2 K)]^2}.$$

Nous avons considéré, dans un autre travail, le cas particulier où les vitesses sur les plans minces deviennent maxima sur leurs arêtes. On a, dans ce cas, $a = 1$, $C = 0$, et la relation (13) entre le multiplicateur λ et le module k; (9), (10) et (13) permettent d'exprimer les formules (4), (5), (6), en fonction du paramètre $k = \sin\alpha$. α variant de 0 à $\frac{\pi}{2}$, B et $\frac{h}{l}$ varient de ∞ à 1 et $\frac{d}{l}$ de ∞ à 0. A $\alpha = 80°$ correspondent, par exemple, les rapports $\frac{d}{l} = 1{,}15$ et $\frac{h}{l} = 2{,}31$. Lorsque $\frac{d}{l}$ croît indéfiniment, le rapport $\frac{d}{h}$ tend vers $\frac{1}{\sqrt{3}}$.

A propos du travail mentionné ci-dessus, M. H. Villat a fait l'importante remarque suivante. Le mouvement considéré ne peut être permanent que si l'équation (14), où z_0 désigne l'affixe du tourbillon, est satisfaite

$$\text{(14)} \qquad \lim_{z \to z_0} \left(\frac{1}{\zeta} - \frac{\varkappa}{2i\pi(z - z_0)} \right) = u_0 = 0.$$

Cette équation détermine, en raison de (2), la relation $3B - A = 0$. Nous pouvons démontrer que cette condition n'est satisfaite pour aucune valeur du module k. Pour le prouver, il suffit évidemment de faire voir que $\frac{A}{B} \leq 1$, ou, en raison de (9), que $k^2 \leq \frac{4B}{(B+1)^2}$; (10) et (13) permettent de ramener cette dernière égalité à la suivante $E \geq k'K$, qu'on démontre facilement. Dans le mouvement permanent, le maximum de la vitesse n'a donc pas lieu sur les arêtes.

Pour un rapport $\frac{d}{l}$ donné il n'existe, comme nous le démontrons plus bas, qu'une seule valeur du rapport $\frac{h}{l}$ où la condition (14) est remplie, mais il en existe une infinité, où elle ne l'est pas. De là la grande mobilité des tourbillons qu'on voit naître, dans les fluides réels, au contact des solides et qui s'en détachent aussitôt. Pour rendre le mouvement permanent, dans tous les cas, il faut considérer l'une quelconque des lignes de courant fermées S comme une paroi rigide fixe. Si $a < 1$, ces parois sont, en général, convexo-concaves. Pour calculer la résultante Q des pressions sur S, remarquons que, dans le voisinage immédiat du tourbillon, on peut écrire

$$w = \frac{\varkappa}{2i\pi}\log(z - z_0) + u_0\frac{r^2}{z - z_0} + u_0(z - z_0) + \ldots$$

où nous considérons la ligne de courant $\psi = -\infty$ comme une circonférence de rayon évanouissant r. En appliquant la formule de Lord Rayleigh, on peut alors écrire $Q = -\rho u_0 \varkappa$; en raison du théorème d'Euler, Q aura la même valeur sur toutes les parois S.

Dans le cas général (le paramètre a a une valeur quelconque), on trouve

$$u_0 = q_0\frac{3B - A - 2C}{4\sqrt{B^2 - 1}}.$$

La condition (14) de M. H. Villat détermine, par conséquent, la relation $2C = 3B - A$. En éliminant A, C et k^2 de cette équation et des équations (9), (10), (12), on a

$$(15)\quad 3B^3k^2 - \left[5(2 - k^2) - \frac{2E}{K}\right]B^2 + \left[\frac{2(2 - k^2) - k^4}{k^2} - \frac{4E}{K}\frac{(2 - k^2)}{k^2}\right]B + \left[(2 - k^2) + \frac{2E}{K}\right] = 0.$$

L'équation (15) a trois racines réelles. L'une des racines positives est $< \frac{2 - k^2}{k^2}$ et l'autre est $> \frac{2 - k^2}{k^2}$. C'est cette dernière qui convient au problème du mouvement permanent en raison de (11). Les formules (4), (5), (6) peuvent être ainsi exprimées en fonction du paramètre k. En faisant varier k de 0 à 1, on fait varier B et $\frac{k}{e}$ de ∞ à 1, $\frac{d}{l}$ de ∞ à 0 et $\frac{d}{h}$ de $\sqrt{3}$ à 0.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Champ électromagnétique compatible avec le champ gravifique correspondant.* Note de M. **Th. De Donder.**

Annulons la variation de l'intégrale quadruple

(1) $$\int\left[(a+b\mathrm{C})\sqrt{-g}+\mathrm{D}-\frac{\sigma\mathfrak{L}}{2}\mathrm{W}\right]dx_1\,dx_2\,dx_3\,dx_4,$$

étendue à une portion quelconque de l'espace-temps (x_1, x_2, x_3, x_4).

Dans cette intégrale, a et b sont des constantes universelles;

C est l'invariant de courbure de Gauss;

$\mathrm{D}\equiv\frac{1}{4}\sum_\alpha\sum_\beta(-1)^{\alpha+\beta+1}\mathrm{M}_{\alpha\beta}\mathrm{M}_x^{\alpha\beta}$ est la fonction qui caractérise le champ électromagnétique de Maxwell;

σ est la densité de l'électricité;

$\mathfrak{L}\equiv\sum_\alpha u^\alpha\Phi^\alpha$; la vitesse de l'électricité a pour composantes u^α; le potentiel électromagnétique a pour composantes Φ_α $(\alpha=1, \ldots, 4)$;

$\mathrm{W}\equiv\sqrt{\sum_\alpha\sum_\beta g_{\alpha\beta}u^\alpha u^\beta}=1$;

La fonction $-\frac{\sigma\mathfrak{L}}{2}$ caractérise l'action due à l'électricité.

Si l'on fait subir *des variations* $\delta g_{\alpha\beta}$ *aux potentiels gravifiques* $g_{\alpha\beta}$, on obtient *les équations du champ gravifique et du champ électromagnétique* correspondant; à savoir :

(2) $$(ag_{\alpha\beta}+2b\,\mathrm{G}_{\alpha\beta})\sqrt{-g}=-\sqrt{-g}\sum_\alpha\sum_\beta g^{ab}\left[\mathrm{M}_{\alpha a}\mathrm{M}_{\beta b}+\mathrm{M}_{\alpha a}^x\mathrm{M}_{\beta b}^x\right]$$
$$-\frac{\sigma\mathfrak{L}}{2}\left[u_\alpha u_\beta-\frac{1}{2}g_{\alpha\beta}\right].$$

Le théorème du tenseur asymétrique ou de la force totale généralisée devient ici

(3) $$\mathfrak{F}_i\equiv-\sigma\left[\frac{\mathfrak{L}}{2}\left(\frac{du_i}{ds}-\frac{1}{2}\sum_\alpha\sum_\beta g_{\alpha\beta,i}u^\alpha u^\beta\right)+\sum_\alpha u^\alpha\mathrm{M}_{\alpha i}^x\right]=0$$
$$(i=1, 2, 3, 4).$$

En tout point où la densité électrique est *nulle*, ces équations sont identiquement satisfaites. En tout point où σ est différent de zéro, on aura, grâce à (3), le mode de mouvement de l'électricité dans le champ considéré.

Si l'on fait subir des *variations* $\delta\Phi_\alpha$ *aux potentiels électromagnétiques* Φ_α, on obtient *les équations du champ électromagnétique de Maxwell-Lorentz.*

En résumé, l'introduction du facteur W dans (1) permet de construire un champ électromagnétique et gravifique, *sans l'intervention* de forces ou de tenseurs *appliqués*, et *sans l'intervention* d'un champ *massique.*

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'Électrodynamique des milieux homogènes et isotropes en repos.* Note de M. **Louis Roy**, transmise par M. E. Cosserat.

On sait que la théorie électrodynamique de Helmholtz fait intervenir une constante purement numérique λ, laissée arbitraire et appelée *constante de Helmholtz*, assujettie seulement à ne pas être négative, sans quoi l'équilibre électrique et magnétique du système serait instable. Se basant sur les expériences de M. Blondlot relatives aux phénomènes de propagation le long d'un fil conducteur, P. Duhem avait cru pouvoir en conclure que la constante λ est le produit du pouvoir inducteur spécifique du vide par sa perméabilité [1]. La présente Note a pour but d'établir que cette affirmation de P. Duhem ne saurait être conservée.

Rappelons, tout d'abord, comment P. Duhem a été conduit à son affirmation.

Soient $\frac{\mathfrak{A}^2}{2}$ la constante fondamentale des actions électrodynamiques; ε, ε' les constantes fondamentales des actions électrostatiques et magnétiques, c'est-à-dire les coefficients des lois de Coulomb dans des milieux impolarisables; k, $\varkappa$ les coefficients de polarisation et d'aimantation d'un corps homogène, de sorte que le pouvoir inducteur spécifique K et la perméabilité μ de ce corps sont les nombres abstraits définis par les formules

$$K = 1 + 4\pi\varepsilon k, \qquad \mu = 1 + 4\pi\varepsilon'\varkappa.$$

Il résulte de la théorie de Helmholtz développée par P. Duhem que la vitesse T de propagation des perturbations électromagnétiques transversales et celle L des perturbations électromagnétiques longitudinales sont

(1) P. Duhem, *Notice sur ses travaux scientifiques*, p. 103; Bordeaux, 1913.

données par les formules

$$(1)\qquad T^2 = \frac{\varepsilon}{\frac{\mathfrak{A}^2}{2}(K-1)\mu},$$

$$(2)\qquad L^2 = \frac{\varepsilon}{\frac{\mathfrak{A}^2}{2}\lambda}\,\frac{K}{K-1}.$$

Or, dans le vide où la vitesse de la lumière est v, l'expérience donne $T = v$; d'autre part, l'équation de passage des unités électrostatiques aux unités électromagnétiques étant

$$(3)\qquad v^2 = \frac{\varepsilon}{\frac{\mathfrak{A}^2}{2}K_0\mu_0},$$

l'indice o se rapportant au vide, la formule (1) montre que T ne peut être égal à v dans le vide que si $K_0 - 1$ se confond sensiblement avec K_0. De là, en remarquant que K_0 est le plus petit des pouvoirs inducteurs spécifiques connus, la nécessité du postulat suivant appelé par P. Duhem *hypothèse de Faraday-Mossotti : le pouvoir inducteur spécifique d'un corps quelconque est très grand par rapport à l'unité.*

Moyennant cette hypothèse, la formule (2) se réduit sensiblement à

$$(4)\qquad L^2 = \frac{\varepsilon}{\frac{\mathfrak{A}^2}{2}\lambda},$$

de sorte que L est constant pour tous les corps. Or, P. Duhem voyait dans les expériences de M. Blondlot la preuve que les ondes longitudinales se propagent le long d'un fil conducteur avec la vitesse de la lumière; d'où la conséquence $L = v$, exigeant qu'on ait $\lambda = K_0\mu_0$, d'après les formules (3) et (4).

Montrons maintenant pourquoi cette dernière égalité est inadmissible.

Soient à l'instant t, en un point (x, y, z) du système, (X, Y, Z) le champ électrique, $(\mathcal{F}, \mathcal{G}, \mathcal{H})$ le potentiel vecteur total, (u, v, w) le courant de conduction, (A, B, C) l'intensité de polarisation diélectrique, ρ la résistivité, e la densité électrique cubique, σ la densité électrique superficielle en un point d'une surface séparative S de deux corps contigus; le potentiel électrique en un point est

$$V = \int \frac{e}{r}\,d\varpi + \int \frac{\sigma}{r}\,dS + \int \left(A\frac{\partial \frac{1}{r}}{\partial \xi} + B\frac{\partial \frac{1}{r}}{\partial \eta} + C\frac{\partial \frac{1}{r}}{\partial \zeta} \right) d\varpi$$

et l'on a les relations

$$(X, Y, Z) = -\varepsilon \frac{\partial V}{\partial(x, y, z)} - \frac{\mathfrak{A}}{\sqrt{2}} \frac{\partial(\mathcal{F}, \mathcal{G}, \mathcal{H})}{\partial t},$$

$$\frac{\partial \mathcal{F}}{\partial x} + \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial y} + \frac{\partial \mathcal{H}}{\partial z} + \lambda \frac{\mathfrak{A}}{\sqrt{2}} \frac{\partial V}{\partial t} = 0,$$

$$\rho(u, v, w) = (X, Y, Z), \qquad (A, B, C) = k(X, Y, Z),$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} + \frac{\partial e}{\partial t} = 0,$$

$$\Delta V = 4\pi\left(-e + \frac{\partial A}{\partial x} + \frac{\partial B}{\partial y} + \frac{\partial C}{\partial z}\right).$$

Soit, d'autre part, $\theta = \frac{\partial X}{\partial x} + \frac{\partial Y}{\partial y} + \frac{\partial Z}{\partial z}$ la divergence du champ électrique; les équations précédentes donnent aisément

$$(5) \qquad \theta = -\varepsilon \Delta V + \lambda \frac{\mathfrak{A}^2}{2} \frac{\partial^2 V}{\partial t^2},$$

$$\frac{\partial \Delta V}{\partial t} = 4\pi\left(\frac{\theta}{\rho} + k \frac{\partial \theta}{\partial t}\right),$$

d'où l'on déduit, en éliminant ΔV,

$$(6) \qquad \frac{4\pi\varepsilon}{\rho} \theta + K \frac{\partial \theta}{\partial t} = \lambda \frac{\mathfrak{A}^2}{2} \frac{\partial^3 V}{\partial t^3}.$$

Mais, dans l'hypothèse de Faraday-Mossotti, qui reste indispensable pour concilier la formule (1) avec l'expérience, le potentiel V vérifie l'équation

$$\frac{4\pi\varepsilon}{\rho}\left(-\varepsilon \Delta V + \lambda \frac{\mathfrak{A}^2}{2} \frac{\partial^2 V}{\partial t^2}\right) + K \frac{\partial}{\partial t}\left(-\varepsilon \Delta V + \lambda \frac{\mathfrak{A}^2}{2} \frac{\partial^2 V}{\partial t^2}\right) = 0,$$

qui devient d'après l'équation (5)

$$\frac{4\pi\varepsilon}{\rho} \theta + K \frac{\partial \theta}{\partial t} = 0,$$

de sorte que l'équation (6) exige qu'on ait $\lambda \frac{\partial^3 V}{\partial t^3} = 0$.

Or on ne peut satisfaire à cette condition en posant $\frac{\partial^3 V}{\partial t^3} = 0$, car le potentiel électrique V serait alors une fonction parabolique de t, donc deviendrait infini ou resterait invariable; on doit donc avoir nécessairement $\lambda = 0$, d'où il résulte, d'après la formule (4), qu'il n'y a plus d'ondes longitudinales.

La théorie de Helmholtz, complétée par l'hypothèse de Faraday-Mossotti

et où la constante λ était laissée arbitraire, conduisait déjà à des équations du champ magnétique identiques à celles de Maxwell; mais, en ce qui concerne le champ électrique, le potentiel vecteur et le potentiel électrique, la discordance subsistait. La constante λ étant, en outre, particularisée comme nous l'avons dit, la concordance devient complète. La théorie de Helmholtz, qui a l'avantage de se développer suivant les règles d'une logique impeccable et de ne point briser la tradition, constitue ainsi, selon nous, la véritable démonstration des équations de Maxwell, dont l'établissement laissait jusqu'ici fort à désirer, de l'avis même de leurs plus ardents défenseurs.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Kaolins, argiles, bauxites, etc.* (¹). *Perte au feu et porosité.* Note (²) de M. **A. Bigot**, présentée par M. A. Haller.

Les kaolins, argiles, bauxites, etc., expérimentés, sont sous forme de morceaux bruts compacts tels qu'on les trouve dans les carrières, ou bien on leur fait subir un broyage pour les amener en poudre fine, passant au tamis n° 200. Ces poudres fines sont façonnées, soit en pâte molle, soit en poudre humectée; dans ce dernier cas on les a soumises à une pression de 377^{kg} par centimètre carré pour fabriquer les éprouvettes.

Les éprouvettes sont séchées à l'air libre, puis on les pèse, on prend un échantillon de chaque série et l'on détermine la porosité par la méthode de la balance hydrostatique (pourcentage d'eau absorbée).

Parmi ces matières premières, les morceaux de bauxite brute sont les seuls qui ne se délitent pas dans l'eau; les kaolins, argiles, etc. à l'état brut, ou après broyage et agglomération, se délitent dans l'eau. Pour prendre leur porosité nous avons employé, au lieu de l'eau, un pétrole de densité connue. Les chiffres trouvés ont été divisés par celui de la densité du pétrole.

Il faut avoir soin de faire séjourner l'éprouvette pendant quelques heures, dans le pétrole, sous la cloche de la machine pneumatique, dans le vide partiel, pour expulser l'air occlus dans les pores. Nous avons en effet observé que la plupart de ces matières, après immersion dans le pétrole ou dans le tétrachlorure de carbone pendant 24 heures, à la pression ordinaire,

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 854.

(²) Séance du 1er mai 1922.

contenaient encore de l'air occlus qui ne disparaît que sous l'effet du vide partiel.

Après chauffage à 200° on observe que la couleur des éprouvettes a varié, par suite de la décomposition partielle des matières organiques qu'elles renferment toutes. Ces matières organiques ne disparaissent qu'après chauffage prolongé au rouge en atmosphère oxydante.

Jusqu'à 300° la perte au feu est peu sensible pour les argiles, les kaolins et les bauxites. Toutefois, on observe que la bauxite de Maussannes, qui contient 25 pour 100 d'eau de combinaison en perd près de la moitié, tandis que la bauxite du Var qui contient 15 pour 100 d'eau, n'a perdu que 1 pour 100 (eau hygrométrique).

Le kaolin d'Algérie qui contient 23 pour 100 d'eau perd également une quantité d'eau notable à la température de 300°.

Après chauffage à 300° les éprouvettes, faites avec les matières broyées puis agglomérées, se délitent encore lorsqu'on les met dans l'eau. Mais entre 300° et 400° ces éprouvettes agglomérées subissent une transformation spéciale. Elles deviennent dures, ne se délitent plus ni dans l'eau froide, ni dans l'eau bouillante, que cette eau soit additionnée ou non d'une petite quantité d'acides ou d'alcalis. On peut dire qu'elles sont *céramisées*.

Les courbes représentées dans la figure 1 ci-après représentent les pertes au feu des matériaux suivants :

V, bauxite du Var; C, kaolin des Eyzies; A, kaolin d'Algérie (région de Bône); M, bauxite de Maussannes.

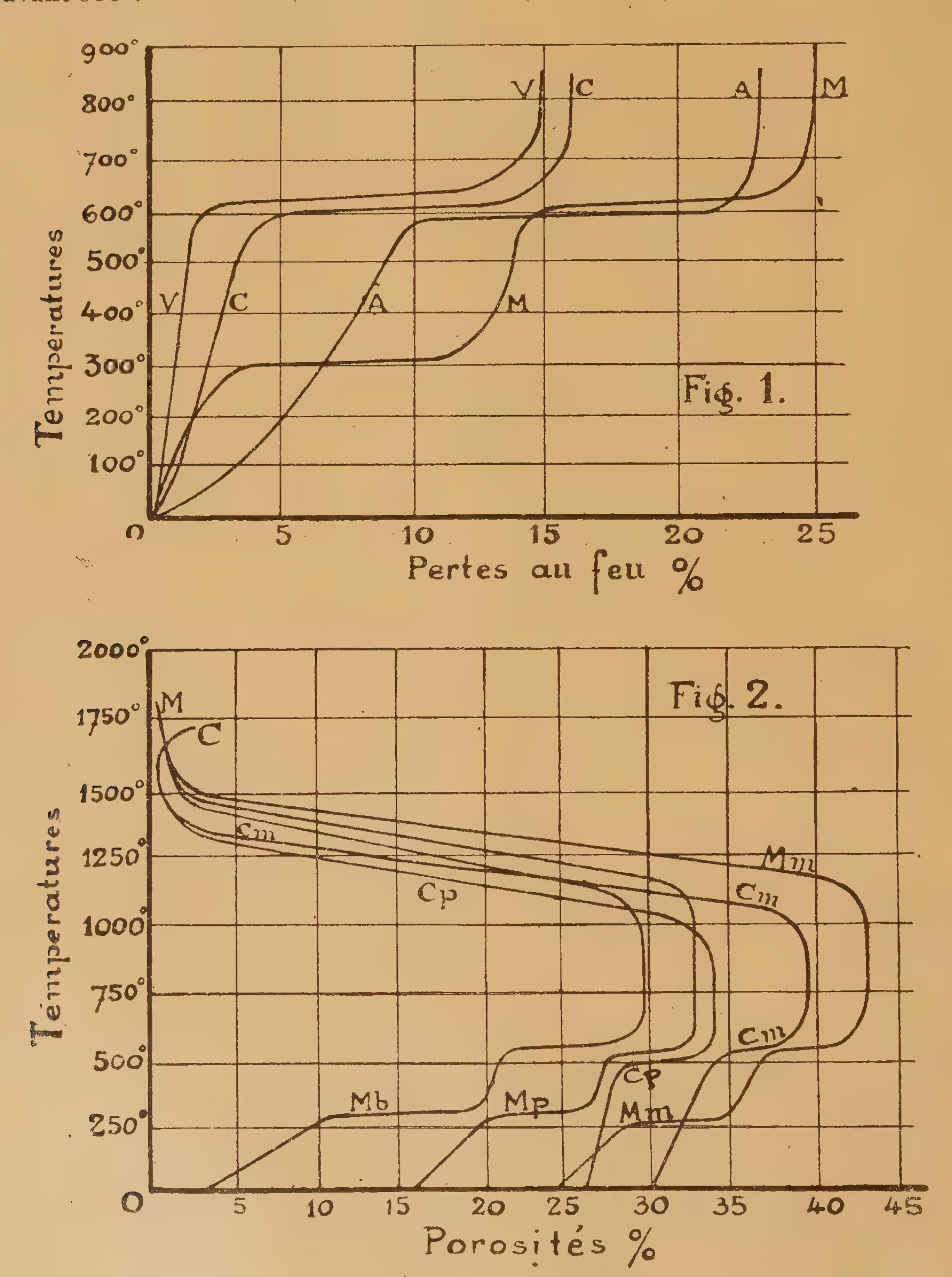
On voit par ces courbes que ces différentes matières, à la température de 600°, perdent à peu près la même quantité d'eau de combinaison, soit 13 à 14 pour 100. Celles qui contiennent une plus grande proportion d'eau de combinaison la perdent vers 300°. Il y a donc pour les bauxites, comme pour les kaolins, un même hydrate fixe qui se décompose à 600° et qui renferme 14 pour 100 d'eau.

La courbe M*b* est celle d'un morceau de bauxite de Maussannes brute; la courbe M*p* est celle de même bauxite pulvérisée et comprimée à 377^{kg}; la courbe M*m* est celle de la même bauxite broyée et préparée en pâte molle; la courbe C*p* est celle d'une éprouvette en kaolin des Eyzies, préparée en poudre humide à la pression de 377^{kg}; la courbe C*m* est celle du même kaolin préparé en pâte molle.

Il faut retenir de ces expériences deux observations nouvelles :

1° Les substances (argiles, kaolins, bauxites) qui renferment plus de

14 pour 100 d'eau de combinaison perdent l'excès de cette eau vers 300° et avant 600°.



2° Ces substances, qui sont plastiques, à des degrés divers (ainsi que les

silices d'infusoires), durcissent vers 400° avant la déshydratation normale lorsqu'elles ont été agglomérées au préalable ; alors elles ne se délitent plus dans l'eau ordinaire ni dans l'eau alcalinisée ou acidulée, soit à froid, soit à l'ébullition.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Éthers homocamphoriques neutres et leurs produits de réduction.* Note de M. **Palfray**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note précédente (¹), nous avons étudié les cyanocampholates de crésyle et leur produit de réduction qui est l'*alcool α-amino-homocampholique*.

Le simple rapprochement des deux acides cyanocampholique et homocamphorique, montrent qu'ils possèdent un carboxyle identiquement placé et particulièrement difficile à réduire :

$$C^8H^{14}\begin{cases} CH^2-CN \\ COOH \end{cases} \qquad C^8H^{14}\begin{cases} CH^2-COOH \\ COOH \end{cases}$$

Acide cyanocampholique. Acide homocamphorique.

Il nous a paru intéressant de rechercher comment se comporteraient, à la réduction, les éthers-sels de ce dernier.

L'homocamphorate de diéthyle, déjà décrit par M. A. Haller (²), devait, par voie de réduction, nous donner le glycol correspondant :

$$C^8H^{14}\begin{cases} CH^2-CO^2-C^2H^5 \\ CO^2-C^2H^5 \end{cases} \rightarrow C^8H^{14}\begin{cases} CH^2-CH^2OH \\ CH^2OH \end{cases}$$

En fait, il nous a fourni un corps qui, bien que distillant à température fixe, s'est montré à l'analyse être un mélange de glycol et d'éther-alcool, d'où nous n'avons pu isoler le glycol qu'à la suite de grandes difficultés.

Aussi, nous inspirant d'une observation faite, dans un cas du même genre, par M. A. Haller et Mme Ramart-Lucas (³), nous avons préparé un éther mixte d'éthyle et de phényle qui, grâce à son point d'ébullition plus élevé, a pu être séparé par simple distillation.

Éther homocamphorique mixte d'éthyle-phényle. — Pour préparer cet

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 980.
(²) *Comptes rendus*, t. 109, 1889, p. 113.
(³) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 682.

éther, nous sommes parti de l'éther homocamphorique acide :

$$C^8H^{14}\langle \begin{matrix} CH^2 - CO^2C^2H^5 \\ COOH \end{matrix}$$

obtenu lui-même suivant la méthode décrite par M. A. Haller (1).

Par l'action de $SOCl^2$ sur cet éther-acide, on obtient directement le chlorure d'acide correspondant.

Au moyen d'un entonnoir à brome, ce corps, dissous dans C^6H^6, est versé, goutte à goutte, sur du phénate de sodium en léger excès. Après un court chauffage au bain-marie, la réaction est terminée, ce qui se reconnaît à la dissolution du phénate solide. On reprend alors par l'eau, puis par CO^3Na^2. La solution benzénique, isolée par décantation, est séchée. On chasse le benzène et distille dans le vide. Au voisinage de 100° le phénol en excès passe en grande partie, mais les dernières traces ne s'éliminent que vers 200°. Enfin la portion principale distille à 221°-224° sous 12^{mm}-14^{mm}. A partir de 100^g d'homocamphorate acide nous avons obtenu 113^g d'homocamphorate mixte

$$C^8H^{14}\langle \begin{matrix} CH^2 - CO^2C^2H^5 \\ CO^2C^6H^5 \end{matrix}$$

sensiblement pur, soit 82 pour 100 de la théorie. En dissolvant ce corps dans l'alcool et en le précipitant par un peu d'eau, on achève la purification. Enfin, par redissolution dans l'alcool absolu et évaporation lente, nous l'avons obtenu en belles tablettes très allongées, fondant à 51°-51°,5. Le pouvoir rotatoire, dans l'alcool absolu, pour une concentration $c = 9{,}642$, est $[\alpha]_D^{19} = +27°35'$.

Cet éther mixte a été soumis à la réduction par le sodium et l'alcool anhydre. Puis l'alcool ayant été chassé, la liqueur alcaline a été épuisée par l'éther. Par distillation de la solution éthérée, nous avons obtenu le glycol cherché :

$$C^8H^{14}\langle \begin{matrix} CH^2 - CH^2OH \\ CH^2OH \end{matrix}.$$

La liqueur alcaline sursaturée par SO^4H^2 nous a fourni un acide-alcool :

$$C^8H^{14}\langle \begin{matrix} CH^2 - CH^2OH \\ COOH \end{matrix}$$

Glycol homocamphorique : $C^8H^{14}\langle \begin{matrix} CH^2 - CH^2OH \\ CH^2OH \end{matrix}$. — La portion éthérée dont nous venons de parler, dûment séchée et finalement soumise à la distillation dans le vide, nous a donné immédiatement un corps passant à 174°-175° sous 12^{mm}. Les vapeurs se condensent en un liquide incolore, extrêmement visqueux, qui, frotté au moyen d'une baguette de verre, se soli-

(1) *Comptes rendus*, t. 109, 1889, p. 113.

difie et durcit presque instantanément. Le rendement atteint 60 pour 100.

Ce glycol, dont la composition a été vérifiée par l'analyse, est très soluble dans l'alcool et l'éther; il est, au contraire, à peu près insoluble dans C^6H^6, même à l'ébullition.

Par évaporation très lente de la solution éthérée, on l'obtient en beaux cristaux fondant à 63°-63°,5.

Pouvoir rotatoire dans l'alcool absolu pour $c = 5,549$:

$$[\alpha]_D^{21} = +81°5'.$$

Diphényluréthane du glycol : $C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH^2-CH^2-O-CONH-C^6H^5\\ CH^2-O-CONH-C^6H^5\end{array}\right.$. — Obtenue par action de l'isocyanate de phényle, en chauffant pendant quelque temps son mélange avec le glycol. Cristallise dans l'alcool absolu en belles houppes nacrées et soyeuses, fondant à 115°-115°,5.

Pouvoir rotatoire dans l'alcool absolu pour $c = 5,716$:

$$[\alpha]_D^{21} = +31°29'.$$

Dérivé di-acétylé du glycol : $C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH^2-CH^2-CO^2CH^3\\ CH^2-CO^2-CH^3\end{array}\right.$. — Préparé par action du chlorure d'acétyle, en présence de pyridine. Liquide assez mobile, distillant à 182°-183°, sous 13^{mm}.

Pouvoir rotatoire dans l'alcool absolu, pour $c = 13,370$:

$$[\alpha]_D^{21} = +52°36'.$$

Dérivé di-benzoylé du glycol : $C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH^2-CH^2-CO^2-C^6H^5\\ CH^2-CO^2C^6H^5\end{array}\right.$. — Prend naissance par l'action du chlorure de benzoyle en présence de pyridine. Exige un chauffage beaucoup plus prolongé que pour le dérivé acétylé. Liquide très visqueux, sans tendance à solidification, même à — 15°.

$E_{12^{mm}}$	295° 300°
$E_{2^{mm}}$	276°-277°

Pouvoir rotatoire dans l'alcool absolu pour $c = 9,226$

$$[\alpha]_D^{21} = +34°41'.$$

Acide-alcool : $C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH^2-CH^2OH\\ COOH\end{array}\right.$. — La liqueur sodique provenant de la réduction de l'homocamphorate neutre est précipitée par l'acide sulfurique ou chlorhydrique. Dans le cas de l'homocamphorate d'éthyle-phényle on est gêné par la présence du phénol. Dans le cas de l'éther diéthylique,

au contraire, on obtient, par repos de la liqueur acidifiée, un feutrage de fines aiguilles qui peuvent atteindre jusqu'à 3^{cm} ou 4^{cm} de longueur. Après recristallisation dans l'éther et finalement dans l'alcool absolu, le point de fusion se fixe à 130°-131°.

La composition, vérifiée par l'analyse élémentaire et par un dosage acidimétrique, répond à la formule ci-dessus.

Pouvoir rotatoire dans l'alcool absolu pour une concentration $c = 7,359$:

$$[\alpha]_{D}^{21} = +71°37'.$$

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage de l'azote ammoniacal dans les matières organiques azotées, et particulièrement dans les matières protéiques et leurs produits de dédoublement.* Note [1] de M. **J. Froidevaux**, présentée par M. Lindet.

Le dosage de l'azote ammoniacal, en présence d'azote organique et principalement d'azote protéique, utile par exemple dans les recherches des altérations de produits alimentaires, a toujours été considéré comme un problème délicat ; il est en effet presque impossible, quelles que soient les méthodes employées, d'éviter une légère attaque de la molécule protéique et, l'ammoniaque provenant de cette dégradation, venant s'ajouter à l'azote ammoniacal préexistant, fausse les résultats d'une façon très appréciable. Nous avons fait antérieurement, avec la collaboration de M. H. Vandenberghe, des essais qui nous ont permis de doser l'azote ammoniacal dans la cyanamide calcique, d'une façon suffisamment exacte ; nous avons donc pensé appliquer ces principes à la détermination de l'ammoniaque, en présence des matières protéiques, de leurs produits de dédoublement, ainsi que de quelques autres corps appartenant également à la fonction amide, et dont nous n'avions pas encore étudié l'influence sur ce dosage.

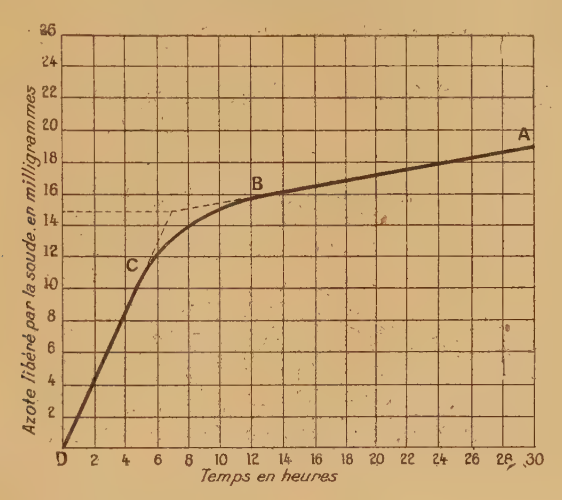
Nous avons été ainsi amené à examiner l'action qu'exerce la soude concentrée, lorsqu'elle se trouve en contact avec une solution d'une matière protéique renfermant de l'azote ammoniacal libre ou combiné ; nous nous sommes rendu compte qu'à la température ordinaire, l'azote provenant de l'ammoniaque libre, des sels ammoniacaux ou des amines, pouvait être considéré comme entièrement dégagé au bout de 8 heures, dans les conditions de l'expérience. L'azote protéique, au contraire, ne se libère

---

[1] Séance du 1er mai 1922.

qu'extrêmement lentement; quant aux amino-acides, la soude ne possède sur eux qu'une action presque nulle. L'attaque de la molécule protéique est évaluée à l'aide d'un graphique, qui permet de tenir compte de l'azote organique dégagé au cours de l'opération ([1]).

Le dispositif de l'appareil que nous préconisons présente certaines analogies avec l'appareil de Folin ([2]). L'air aspiré, à la vitesse d'environ 150 à 200 bulles par minute,



Abscisses : temps en heures.
Ordonnées : Azote libéré par la soude, en milligrammes.

barbote tout d'abord dans une solution d'acide sulfurique étendu, dans laquelle il se débarrasse des traces d'ammoniaque qu'il est susceptible de contenir, puis il pénètre dans le flacon-laboratoire, où nous avons introduit au préalable 15^{cm^3} de la solution à analyser et 35^{cm^3} de soude à 60 pour 100 (600^g de soude pure, en plaques, par litre). A la sortie de ce flacon, le courant d'air entraînant l'azote ammoniacal dégagé passe par un tube recourbé de 40^{cm} de hauteur, lequel est destiné à arrêter les projections

---

([1]) Différents auteurs ont utilisé dans leurs travaux, des graphiques mettant en valeur les différences de vitesses de deux phénomènes superposés de même nature (soit, par exemple, des différences de vitesses de volatilisation, soit des différences de vitesses de réaction.) : M. Marqueyrol, *Dosage du camphre dans les poudres sans fumée* (*Annales de Chimie analytique*, t. 16, 1911, p. 209). — D. Florentin et H. Vandenberghe, *Méthodes de dosage des carbures aromatiques dans les essences de pétrole* (*Bulletin de la Société chimique*, t. 27, 1920, p. 159). — J. Froidevaux et H. Vandenberghe, *Dosage de l'azote ammoniacal dans les engrais complexes à base de cyanamide calcique et de sels ammoniacaux* (*Journal « Chimie et Industrie »*, vol. 4, n° 5, 1920, p. 612).

([2]) Cependant, contrairement à cet auteur, nous n'opérons jamais à une température supérieure à la température ordinaire.

de soude qui pourraient se produire, puis il arrive dans un flacon laveur, contenant un volume déterminé d'acide sulfurique décinormal.

L'opération dure environ 30 heures, on l'interrompt, à différentes reprises et à plusieurs heures d'intervalle, pendant quelques minutes, afin de changer les flacons laveurs, et prendre le titre de la liqueur acide qu'ils renferment.

Lorsqu'on fait réagir la soude, dans ces conditions, sur des matières protéiques, il sera facile d'en déduire l'azote ammoniacal qu'elles contiennent. Il suffira de construire les courbes représentatives des pertes totales d'azote, en fonction du temps, et dont la forme générale est représentée par le tracé ci-dessus.

La partie CD, de la courbe ABCD, correspond à la perte en azote ammoniacal, la partie CB à une perte d'azote ammoniacal et d'azote protéique, la partie AB à une perte d'azote protéique. L'ordonnée correspondant aux points de rencontre des deux droites AB et CD indique la teneur en azote ammoniacal.

En suivant le mode opératoire qui vient d'être exposé, nous avons effectué des dosages d'azote ammoniacal en présence des corps mentionnés dans le Tableau ci-dessous, auxquels il avait été ajouté des quantités déterminées de sulfate neutre d'ammonium :

Les essais ont été effectués sur $0^{g},5$ de chacun des corps suivants :	$SO^4(NH^4)^2$ ajouté.	Azote ammoniacal		
		préexistant.	total.	trouvé.
	g	g	g	g
Ovoalbumine	0,14	0,0034	0,0331	0,0331
Peptone	0,10	0,0034	0,0246	0,0246
Tyrosine	0,11	0	0,0233	0,0232
Tryptophane	0,12	0	0,02545	0,0255
Phénylalanine	0,10	0	0,0212	0,0210
Chlorhydrate d'histidine	0,09	0	0,0191	0,0191
Créatine	0,09	0	0,0191	0,0189
Urée	0,06	0	0,0127	0,0126
»	0,10	0	0,0212	0,0212
»	0,12	0	0,02545	0,0255
»	0,16	0	0,0339	0,0334
Acide urique	0,11	0	0,0233	0,0231
»	0,13	0	0,0275	0,0272
»	0,15	0	0,0318	0,0319

Cette méthode permet de tenir compte de l'azote organique hydrolysé pendant l'opération; grâce à cette circonstance, on peut donc considérer les résultats obtenus (l'erreur moyenne étant d'environ $\pm$ 0,50 pour 100 de l'azote ammoniacal) comme très voisins des chiffres théoriques.

MINÉRALOGIE. — *Sur la becquerélite, nouveau minéral radioactif.* Note de M. Alfred Schoep.

Certains morceaux de pechblende provenant de la mine de Kasolo, au Katanga (Congo belge), sont entourés d'une croûte cristalline, parfois

assez épaisse, de couleur jaune serin dans les parties directement en contact avec la pechblende et se teintant d'orangé dans celles qui s'en écartent davantage. Cette croûte est formée d'un minéral se clivant facilement. L'état du clivage se rapproche de celui du clivage de la calcite.

Ce minéral jaune remplit jusqu'aux moindres fissures de la pechblende. Je l'ai trouvé également dans de petites cavités de celle-ci à l'état de cristaux assez bien formés, mais très petits, ayant de $0^{mm},45$ à $0^{mm},06$, d'un jaune brunâtre, à l'éclat résineux, à côté de cristaux de curite, de soddite et de quelques rares aiguilles d'anglésite.

L'analyse microchimique de ces cristaux et de la croûte cristalline révèle la présence de l'uranium et du plomb. Ce dernier élément, dans les fragments de couleur jaune serin, n'existe qu'à l'état de traces infinitésimales.

Je n'ai pu trouver jusqu'ici qu'un seul cristal assez grand pour être mesuré au goniomètre. Mais à l'aide des autres cristaux, j'ai pu déterminer quelques-unes de leurs principales propriétés. Ils appartiennent au système rhombique et possèdent deux clivages parfaits, suivant p (001) et suivant m (110). Les lamelles de clivage (001) montrent une belle figure d'axes optiques; elles sont perpendiculaires à la bissectrice aiguë. Ces cristaux sont optiquement négatifs.

L'angle mm (110) : $(1\bar{1}0)$ est voisin de 62° et l'angle mg^1 (110) : (010), de 59°. Une macle polysynthétique, analogue à celle de l'aragonite, est très fréquente. Les lamelles (001) n'ayant que quelques centièmes de millimètre d'épaisseur, sont dichroïques : jaune foncé suivant n_g et jaune pâle suivant n_m. Les deux indices de réfraction n_g et n_m sont supérieurs à celui de l'iodure de méthylène employé et dont l'indice de réfraction était de 1,756. Les lamelles (110) présentent un dichroïsme beaucoup plus intense, surtout lorsqu'elles sont très minces ($0^{mm},01$); on trouve alors qu'elles sont incolores suivant n_p et jaune, perpendiculairement à n_p. J'ai trouvé que n_p était sensiblement égal à 1,756 et que la biréfringence était comprise entre 0,015 et 0,019.

L'analyse chimique d'une portion très pure du minéral a donné :

	Analyse 1.	Analyse 2.	Moyennes.
H^2O	5,82	5,82	5,82
UO^3	86,33	86,70	86,51
Fe^2O^3	0,54	0,54	0,54
PbO	5,29	5,22	5,25
SiO^2	0,98	0,68	0,83
SO^3	1,00	1,02	1,01
Total	99,96	99,98	99,96

Ces deux analyses ont été faites sur du minéral réduit en poudre et séché à 100° jusqu'à poids constant. Le dosage de l'eau a été effectué sur $0^g,2506$; celui de l'anhydride sulfurique sur $0^g,250$; les autres éléments ont été dosés sur $0^g,500$.

Les 5,82 pour 100 d'eau trouvés ne représentent qu'une partie de l'eau contenue dans le minéral. Celui-ci, séché à l'air (17° C.) pendant plusieurs jours, perd à l'étuve, à 100°, 4,21 pour 100 d'eau après 5 heures 30 minutes de chauffe, puis reste constant. Le minéral renferme donc 4,21 + 5,82 = 10,03 pour 100 d'eau.

On peut considérer SiO^2 et Fe^2O^3 comme des impuretés ; une partie de PbO et SO^3 correspondent à quelques aiguilles d'anglésite qui n'ont pu être éliminées.

Le minéral pur est donc un hydroxyde d'uranium dont la composition chimique déterminée sur la poudre séchée à l'air donnerait :

H^2O	10,03
UO^3	83,01 [1].

En rapportant ces chiffres à 100, on trouve :

		Nombre moléculaire.
H^2O	10,78	0,598
UO^3	89,21	0,310

ce qui conduit à la formule

$$UO^3.2H^2O.$$

Sa radioactivité diffère peu de celle de la pechblende.

Ce minéral est nouveau. Je propose de lui donner le nom de *becquerélite*, en l'honneur de A.-Henri Becquerel.

GÉOLOGIE. — *De l'origine fluviale de la baie du Lévrier.* Note de M. A. Gruvel, présentée par M. L. Mangin.

La baie du Lévrier, la plus belle rade naturelle de la côte occidentale d'Afrique, dans laquelle est en train de se développer le grand centre de pêcheries de Port Etienne, a, comme on sait, la forme d'un vaste triangle rectangle, dont l'hypoténuse serait représentée par la ligne unissant le fond de la baie de l'Archimède au cap Saint-Anne, l'un des côtés de l'angle droit réunirait le cap Saint-Anne au cap Blanc et l'autre côté serait formé par la réunion du cap Blanc à la baie de l'Archimède.

---

(1) Correspondant à 86,51 pour 100 du minéral séché à 100°.

Nous avons été parmi les premiers à faire connaître la constitution géologique de la presqu'île du cap Blanc qui ferme la baie à l'Ouest et, après l'étude de la direction générale et de la constitution de ses falaises, nous avions émis l'hypothèse que cette magnifique baie était probablement l'ancien estuaire d'un grand fleuve saharien.

Mais les preuves, recherchées cependant avec beaucoup de ténacité, nous avaient manqué jusqu'ici. Il nous avait été impossible, en effet, de retrouver, aussi bien dans les vases de la baie que dans le sable des rives, un animal d'eau douce quelconque, et nos successeurs dans ces recherches : notre regretté ami Chudeau et Henry Hubert, qui ont tant contribué à la connaissance géologique de l'Afrique occidentale française, n'ont pas été plus heureux que nous.

Or, dans une magnifique collection de mollusques, recueillie avec beaucoup de peine, pendant un séjour de quatre ans à Port Etienne, par le Médecin des Colonies et Mme Soing, et qui nous a été remise pour le Muséum, nous avons eu la chance de rencontrer quelques échantillons *sub-fossiles*, recueillis dans le fond de la baie de l'Archimède, de *Potamides fuscatus* L., qui est, par excellence, avec une forme voisine : *Potamides radula* L., une forme d'*estuaires* africains.

Le doute n'est donc plus possible et la baie du Lévrier est bien, comme nous l'avions supposé dès le début, l'ancien estuaire d'un grand fleuve, tout comme, certainement, la baie du Rio de Oro.

On rencontre, actuellement vivantes, dans l'estuaire du Sénégal, et en très grande quantité, ces deux mêmes espèces de Potamides.

GÉOLOGIE. — *Sur la limite du Bathonien et du Bajocien en Lorraine.* Note de M. **Paul Thiéry**, présentée par M. Pierre Termier.

Tous les géologues (¹) qui, jusqu'ici, ont étudié la région lorraine ont été d'accord pour considérer comme couches terminales du Bajocien les calcaires à polypiers qu'ils rangent dans une zone à *C. Humphriesi* et *C. Blagdeni*.

(¹) Terquem et Jourdy, *Monographie de l'étage Bathonien dans le département de la Moselle* (*M. S. G. F.*, 2e série, t. 9, 1869). — Rolland et Nicklès, *Explication de la Carte géologique de Metz*, 1900. — Joly, *Le Jurassique inférieur et moyen de la bordure nord-est du Bassin de Paris*, 1908. — Nicklès, *Explication de la Carte géologique de Nancy*, 1913.

Je ne mentionne pas le travail de Braconnier dans lequel ont été établis des étages

Le Bathonien est alors divisé en :

Bathonien supérieur : Calcaires oolithiques (Dalle d'Etain) passant latéralement à un faciès marneux. Marnes à *Ostrea Knorri* surmontant des bancs puissants de calcaires bleus, devenant jaunes par altération et renfermant : *Waldheimia lagenalis*, *Perisphinctes procerus*, *Rynchonella varians*. A la base, des marnes à *Ostrea acuminata*.

Bathonien moyen : Caillasses à *Anabacia orbulites* et *Ostrea costata* surmontant, dans la région de Jarny, une assise marneuse (Marnes du Jarnisy) à *Waldheimia ornithocephala*, *Ostrea acuminata;* au-dessous existe, dans la région de Metz, un assez grand développement de calcaires blancs, à oolithes miliaires (Oolithe de Doncourt), qui reposent sur un massif de marnes colorées avec grosses oolithes ferrugineuses (Marnes de Gravelotte) avec *Ostrea costata*.

Bathonien inférieur : Calcaires oolithiques jaunes, tendres, généralement sableux (Oolithe de Jaumont), surmontés par des alternances de calcaires durs lumachelliques et de marnes parfois très fossilifères avec *Ostrea acuminata* abondantes, *Parkinsonia Parkinsoni*, *Echinobrissus clunicularis*. Au-dessous de l'Oolithe de Jaumont existe un niveau de marnes, parfois sableuses (Marnes de Longwy), avec *Ostrea acuminata*.

Cette classification a été établie en partant du fait que l'Oolithe de Jaumont présente de fausses stratifications semblables à celles que l'on observe dans les *Stonesfield Slates*, en Angleterre; du moment qu'il y avait *identité de faciès*, il fallait rapporter l'Oolithe de Jaumont au Fullers'earth, bien que les couches subordonnées renferment des fossiles qui, partout ailleurs, sont considérés comme bajociens.

MM. Haug [1] et Lissajous [2] ont fait observer qu'une partie des couches du Bathonien lorrain devaient être rangées dans le Bajocien supérieur; ces

---

(désignés par des lettres et des appellations locales) qui, le plus souvent, ne correspondent pas à ceux qui sont employés couramment.

Je crois devoir signaler l'ouvrage de M. Rollier : *Les faciès du Dogger ou Oolithique dans le Jura et les régions voisines*, 1911, dans lequel l'auteur a créé bien inutilement un étage *Bathien*, qui correspond au Bathonien inférieur des géologues lorrains, tout en rangeant l'oolithe ferrugineuse de Bayeux dans le Bajocien.

[1] Haug, *Les chaînes subalpines entre Gap et Digne* (*B. C. G. F.*, t. 3, 1892, p. 72).

[2] Lissajous, *Couches à* Ostrea acuminata *et Fullers'earth* (*B. S. G. F.*, 4e série, t. 10, 1910, p. 256).

remarques semblent être restées ignorées des auteurs qui ont étudié la région.

Si l'on considère le Bajocien comme se terminant avec les calcaires à polypiers, cet étage présente une lacune; en rangeant ces calcaires à polypiers dans une zone à *C. Humphriesi* et *C. Blagdeni*, on croit les assimiler à l'oolithe ferrugineuse de Bayeux : il n'en est rien, car *C. Humphriesi* n'existe plus dans cet horizon et il ne se trouve associé à *C. Blagdeni* que dans la zone à *Witchellia Romani*. Les calcaires à polypiers du Bajocien lorrain se trouvent donc situés au-dessous d'un horizon qui doit correspondre à l'oolithe de Bayeux.

Celle-ci est représentée par le Bathonien inférieur et par une partie du Bathonien moyen, tels qu'on les comprend actuellement, ainsi que le prouvent les céphalopodes recueillis dans ces horizons. Les Marnes de Longwy ont fourni : *Cosmoceras longoviciense*, espèce très voisine de *Cosmoceras Garanti*, *Strenoceras subfurcatum* (= *niortense*), *Stepheoceras Blagdeni*. Dans les Marnes de Gravelotte, situées au-dessus de l'Oolithe de Jaumont, on a recueilli : *Parkinsonia Parkinsoni*, *Neuffensis*, *Tessoni*, *Perisphinctes Martinsi*. Cette association d'ammonites prouve bien que les couches auxquelles elles appartiennent font partie de la zone à *Cosmoceras Garanti*, c'est-à-dire du Bajocien supérieur. Il y a lieu d'ajouter que, dans la région lorraine, cette zone comporte souvent, à sa partie inférieure, un horizon coralligène plus ou moins développé : c'est le calcaire à *Clypeus Ploti* et polypiers, qui est l'équivalent des *Clypeus grit* des Cotteswolds; quant au calcaire blanc qui surmonte cet horizon, il correspond au *white freestone* du Dorset et au *ragstone* de Cheltenham.

De ce qui précède, il résulte qu'on doit seulement faire commencer le Bathonien avec les Caillasses à *Anabacia porpites* [1], *Parkinsonia Württembergica*, *Pecten vagans*, *Zeilleria digona*, qui constituent le Bathonien inférieur (zone à *Oppelia fusca*).

Quant au Bathonien supérieur (zone à *Oppelia aspidoides*), il comprend des calcaires blancs oolithiques (Dalle d'Etain) à *Perisphinctes subbackeriæ*, *procerus*, *Lyonsia peregrina*, *Pleuromya securiformis*, *Trigonia elongata*, *Echinobrissus clunicularis*, qui passent latéralement aux marnes et ovoïdes à *Lyonsia peregrina* de la région de Toul. La base de cette zone est constituée

---

(1) *Anabacia porpites* W. Smith 1816 (*Madrepora*) = *Anabacia complanata* Defrance 1820 (*Fungia*) = *Anabacia orbulites* Lamouroux 1821 (*Fungia*).

par des marnes noires ou grises avec lits de calcaires terreux ou de calcaires ferrugineux renfermant : *Perisphinctes procerus*, *Sphaeroceras Ymir*, *Ostrea lotharingica* (¹), *Rhynchonella Alemanica* (²), *Waldheimia lagenalis*, etc.

GÉOLOGIE. — *Sur les températures à différentes profondeurs de la fosse du Cap-Breton.* Note de M. **J.-B. Charcot**, présentée par M. Pierre Termier.

Dans une Note (³) sur la formation du Gouf de Cap-Breton, M. Ch. Gorceix regrette que des températures n'y aient pas été prises à différentes profondeurs avec des instruments fiables.

Nous sommes en mesure de donner satisfaction à M. Gorceix, après avoir dépouillé les observations rapportées par le *Pourquoi Pas?* sous notre commandement, en juin 1913, puis en juillet 1914.

La décroissance de la température en allant vers le fond, dans les quatre coupes océanographiques de 1913 et les cinq de 1914, est absolument normale et régulière.

En juin 1913, la température de surface étant de 16°, et en juillet 1914 de 21° dans les neuf observations des deux années, la température à 50^m ne varia que de 12°,3 à 12°,9; à 100^m, de 11°,9 à 12°; à 200^m, de 11°,4 à 11°,6; à 300^m, de 11° à 11°,4 et à 650^m, elle était de 10°,4.

Ces températures ont été prises, en suivant une technique rigoureuse, avec le même thermomètre à renversement Richter, contrôlé et étalonné. Elles concordent avec les prévisions de M. Gorceix et semblent confirmer sa thèse.

Par contre, ces observations qui avaient été répétées à 13 mois d'intervalle pour mieux contrôler les hypothèses et recherches de M. P.-E. Dubalen, permettent d'affirmer, grâce à la perfection des instruments employés et

---

(¹) *Ostrea lotharingica* de Grossouvre = *Ostrea Knorri* Voltz in Zieten, *non* in d'Orbigny (voir de Grossouvre, *Sur le système oolithique inférieur dans la partie occidentale du Bassin de Paris* (*B. S. G. F.*, 3ᵉ série, t. 15, 1887, p. 516).

(²) Les échantillons de *Rhynchonella varians* pris comme types par Schlotheim (*Petrefactenkünde*, 1820, p. 267) provenant de l'Hauterivien, M. Rollier (*loc. cit.*, p. 218) a proposé de donner le nom de *R. Alemanica* à l'espèce bathonienne rapportée à tort à *R. varians* (voir Haas et Petri, *Die Brachiopoden der Juraformation von Elsass-Lothringen*, p. 229; pl. VI, fig. 12-13).

(³) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 557.

à la rigoureuse méthode, que les anomalies de température, 12° à 30^{m} et 29° à 200^{m} qui ont fait dire à ce chercheur que la fosse du Cap-Breton était le prolongement de la faille à eaux chaudes de Dax [1], provenaient vraisemblablement de l'emploi de thermomètres défectueux, ou d'une méthode insuffisamment précise, d'autant plus que quelques-unes de nos coupes ont été pratiquées aux points indiqués par M. Dubalen lui-même.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Le Würmien dans les hautes vallées de la Cère et du Goul (Cantal).* Note de Mlle **Yvonne Boisse de Black**, présentée par M. Émile Haug.

Ébauché dès le Rissien, le réseau hydrographique, qui draine aujourd'hui le Cantal, doit son creusement à l'érosion würmienne. A la fin du cycle de Würm, les thalwegs ont été abaissés à leur niveau actuel et même plus bas, car, sur certains points, il y a eu remblaiement. Cette érosion a été très intense. Elle a poussé les têtes des ravins jusque dans certains cirques rissiens et même mindéliens. Elle a, par places, complètement arasé les reliefs de l'auge rissienne.

Certaines vallées würmiennes du Cantal ont été occupées par des glaciers; d'autres ne l'ont pas été, d'où des profils très différents pour des vallées parfois voisines.

L'auge würmienne du Goul conserve, jusqu'à sa tête, un profil en V à biseau très aigu. Le placage de boue glaciaire de son thalweg, au pont de Cropières, est incompatible avec sa topographie; sans doute s'agit-il là de l'effondrement d'un lambeau de terrasse rissienne.

Le contraste entre la vallée du Goul et celle de la Cère est frappant. L'auge würmienne de cette dernière, de Vic à Carnéjac, montre un profil en U des plus nets. En amont de Vic, par contre, les traces glaciaires sont peu évidentes. On y rencontre deux cirques emboîtés : le cirque rissien de Thiézac, le cirque mindélien de Saint-Jacques, qui ont dû servir de réservoir névéen au glacier würmien de la Cère. Ainsi donc, ce glacier, de type alpin, se serait étendu, sur une longueur de 15^{km}, de Vic à Carnéjac.

Vers son extrémité inférieure, il paraît avoir débordé l'auge rissienne et atteint une puissance de près de 100^{m} (Puy de Caillac). Le glacier a été

(1) P.-E. Dubalen, *Eaux thermales des Landes et la fosse du Cap-Breton* (Extraits des *Procès-verbaux de la Société linéenne de Bordeaux*, janvier 1912).

arrêté par buttement contre l'extrémité nord-ouest de ce puy, qui a joué, à travers la vallée, le rôle d'un verrou.

La structure de son appareil frontal présente plusieurs particularités intéressantes. Dans cette région existent, parallèlement à la Cère et sur sa rive gauche, deux vallons décapités par la Cère rissienne : celui de Monteidou et celui de Vézac; un vallon mindélien non décapité, celui de Lagane, se réunit aux deux autres près de Vézac. Le glacier würmien de la Cère a envahi, par le haut, les deux premiers de ces vallons et édifié des moraines terminales sur les seuils qui les séparent de la Cère. La plus importante de ces moraines est celle de Louradou. Il a, en outre, envoyé un diverticule dans le vallon de Lagane et l'a obstrué d'un tampon morainique en amont duquel s'est formé un lac temporaire de barrage. A la hauteur de Carnéjac, la Cère recevait, comme affluent de droite, le vallon de Giou-de-Mamou, parallèle, lui-même, à celui de Boussac. Un diverticule du glacier würmien de la Cère ayant obstrué par sa moraine la partie inférieure du premier de ces vallons, son ruisseau s'est déversé dans le second à la faveur d'un col. Il y a là un cas de migration très clair.

Les saillies du verrou de micaschiste sur lequel repose l'appareil fronto-terminal ont été transformées en buttes moutonnées (Runhac, Salès). La moraine frontale, mélange à éléments très frais de boue glaciaire et de blocs striés pouvant atteindre 20^{m^3}, forme un *vallum* en arc de cercle de 25^m de puissance et de 1500^m de développement, entre Carnéjac et Roquette. En amont s'arrondit l'amphithéâtre pré-morainique, envahi par des prés marécageux à fond plat, où la Cère déroule ses méandres. Celle-ci coupe la moraine par un étroit chenal de 25^m de profondeur, qui représente son travail érosif post-würmien. En aval de la moraine frontale s'étend en éventail un cône de transition fluvio-glaciaire qui se prolonge, dans le bassin d'Aurillac, par les cailloutis de la basse terrasse de 600^m ou terrasse de la Ponétie. Les moraines latérales sont peu visibles, masquées par les éboulis des pentes, les rideaux de solifluction, les *frane*. La moraine profonde, observable dans le lit de la Cère, est une glaise blanche, d'origine trachy-phonolithique, clivée par pression.

Le glacier de la Cère, lors de sa fusion, a formé les moraines frontales de retrait de Polminhac et de Comblat, qui correspondent peut-être aux stades de Bühl et de Daun.

Les eaux de fusion du glacier de la Cère ont remanié la surface de ses moraines frontales et déposé, tant en aval de Carnéjac qu'entre cette localité et Vic, une nappe continue de cailloux roulés, sur laquelle s'étend un

manteau de limon raccordé aux dépôts des pentes. Dans la nappe de cailloux roulés, M. Marty a découvert, à Arpajon, des restes de Cheval, de Renne et de Lion des Cavernes. Ces mêmes cailloutis lui ont livré, entre Carnéjac et Vic, de nombreux silex aurignaciens, pointes à cran, becs de canard, lames à dos rabattu, etc. De la masse du limon, il a retiré quelques lames magdaléniennes. La partie supérieure de limon lui a livré une industrie campignienne, et, de la tourbe qui recouvre celui-ci, il a extrait une hache polie à section biconvexe.

Ainsi, le dernier glaciaire de la vallée de la Cère s'intercale stratigraphiquement entre les alluvions à silex chelléo-acheuléens de la terrasse du Bousquet, qu'il ravine, et les alluvions à faune du Renne, qui le recouvrent.

C'est là un fait d'une netteté absolue et du plus haut intérêt. Il est en concordance complète avec la chronologie de M. Boule, qui rattache au Moustérien la dernière glaciation de l'Europe occidentale.

OCÉANOGRAPHIE. — *Distribution du calcaire dans les globisédiments profonds.* Note de M. J. **Thoulet**.

La distribution du calcaire a été étudiée sur 109 boudins de globisédiments profonds récoltés par le Prince de Monaco dans la région volcanique des Açores, des Canaries et des îles du Cap Vert. On y a dosé d'abord les éléments composants, sable et vase, par lévigation et tamisages, puis, après une attaque à l'acide suivie d'une nouvelle analyse mécanique, le sable et l'argile décalcifiés ainsi que le calcaire par différence. Les fins-fins, pour des motifs expliqués, ont dû être joints à l'argile décalcifiée désignée alors sous le nom de *vase argileuse*. Tous ces sédiments provenaient de profondeurs comprises entre 611^m et 6035^m.

Les divers fonds ont été, en premier lieu, classés à la manière habituelle selon leurs proportions respectives de sable et de vase et ont donné les résultats suivants :

Sable S = 0; sable vaseux SV = 3; vase très sableuse VtS = 5; vase sableuse VS = 84 et vase V = 17 échantillons; total 109.

La prédominance excessive des vases sableuses empêche d'adopter la grosseur des grains comme base unique d'une classification et d'une carte lithologique des globisédiments. Cette classification a néanmoins son utilité car l'observation montre que les variétés de fonds rares se rencontrent le plus souvent au voisinage immédiat d'un accident important du sol sous-

marin tel qu'un centre d'éruption volcanique ou d'un haut-fond dont elles signalent ainsi la présence.

Si l'on considère la teneur en calcaire des divers fonds examinés et qu'on en calcule la valeur moyenne pour chaque zone successive d'océan épaisse de 1000^m, entre 611^m et 6000^m, on trouve les valeurs suivantes : Entre 611^m et $1000^m = 41$ pour 100; et pour les autres zones de plus en plus profondes, 46,4 ; 53,1 ; 48,8 ; 68,8 et 48,6 pour 100.

La loi de la diminution régulière du carbonate de chaux avec la profondeur est donc très médiocrement vérifiée dans cette région volcanique des Açores où cependant les eaux du fond plus que nulle part ailleurs auraient chance d'être chargées d'acide carbonique au contact du sol. On sait que la diminution du calcaire a été principalement attribuée à cette cause.

En revanche le pourcentage en calcaire permet de classer chacun d'eux dans l'une quelconque des cinq catégories : I, faiblement calcaires (0-5 pour 100), II, médiocrement calcaires (5-25 pour 100), III, calcaires (25-50 pour 100), IV, très calcaires (50-75 pour 100) et V, extrêmement calcaires (75-100 pour 100). La répartition des divers fonds est alors beaucoup plus régulière, ce qui était à prévoir par suite du calme des eaux profondes. En prenant cette donnée pour base d'un sous-classement des globisédiments, deux cartes lithologiques sous-marines ont été dressées, l'une étant une esquisse de la région des Açores au $\frac{1}{5000000}$, la seconde, en quatre feuilles, de l'archipel des Açores seul, au $\frac{1}{1000000}$. Malgré l'extrême inégalité de densité des sondages très abondants dans certains parages et très espacés dans d'autres, la simple inspection de ces cartes permet de faire les remarques suivantes :

Nulle part on n'a trouvé de fonds faiblement calcaires notés I.

Les autres fonds notés II, III, IV et V sont partout franchement et souvent même très brusquement délimités; ils possèdent respectivement des teneurs en calcaire très voisines, différant à peine de quelques centièmes. Sur l'emplacement supposé du banc Chaucer, 4 échantillons sur un espace de 1° carré environ, de profondeur comprise entre $2750 - 2180 = 570^m$ de différence ont donné 81, 81, 81 et 80 pour 100 de carbonate de chaux et le fait semblerait plutôt affirmer l'existence du banc. Au banc Hayward entre 2419^m et 690^m avec différence $= 1729^m$, 7 sondages où les sables décalcifiés manifestaient des caractères bien volcaniques, ont fourni 56, 57, 57, 62, 52, 60 et 57 pour 100 de carbonate de chaux. Il en est de même à la fosse de la Princesse Alice, à la fosse de l'Hirondelle, au banc Joséphine, à la fosse Monaco, etc.

La profondeur ne semble donc pas avoir une influence très importante sur la composition élémentaire des grands fonds constitués essentiellement de calcaire provenant des dépouilles des globigérines vivant dans les eaux tout à fait superficielles sus-jacentes. En outre de la preuve qu'ils apportent du peu de mouvement des eaux profondes, l'uniformité de leur teneur en carbonate de chaux témoigne de l'abondance plus ou moins grande mais régulière des foraminifères du dessus, c'est-à-dire de l'ensemble plus ou moins favorable des conditions de vie de ces êtres : température et densité des eaux, nature du climat, etc. Il appartient à la zoologie de découvrir ces conditions et de les faire connaître. Cette observation océanographique qu'un sédiment marin, quelle que soit la profondeur de son gisement, est le reflet de la surface qui lui est sus-jacente intéresse la lithologie des mers anciennes dont les fonds sont aujourd'hui représentés par des couches de roches stratifiées.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur les variations de composition chimique de l'eau de mer et l'évaluation de la salinité.* Note de MM. **Gabriel Bertrand**, **Freundler** et Mlle **Ménager**, présentée par M. A. Béhal.

La salinité de l'eau de mer, c'est-à-dire le poids en grammes des sels tenus en dissolution dans un kilogramme de cette eau, est une donnée de grande importance, non seulement parce qu'elle sert de base dans l'étude du déplacement des masses océaniques, mais encore parce qu'elle influe dans une large mesure sur la composition et sur l'abondance du plankton.

Malheureusement, il n'est pas possible de la mesurer directement par évaporation et pesée. Si l'on opère à froid, une quantité d'eau variable est retenue par le résidu hygroscopique et l'on obtient des chiffres trop forts. Si l'on chauffe, les sels de magnésium se décomposent et l'on obtient, au contraire, des chiffres trop faibles. On ne peut pas songer à faire une analyse chimique complète de l'eau de mer pour additionner ensuite tous les résultats trouvés ; la composition de cette eau est trop complexe, les méthodes de dosage parfois insuffisantes, et l'analyse serait, en tout cas, beaucoup trop longue.

On a donc été obligé de recourir à des moyens indirects : on détermine, soit la densité de l'eau de mer, soit la proportion d'argent qui précipite exactement les halogènes combinés et, dans la supposition d'une relation constante entre les chiffres ainsi obtenus et la composition chimique, on calcule la salinité en se servant de Tables, en particulier de celles publiées par Knudsen [1].

---

[1] *Hydrographische Tabellen, d'après les mesures de C. Forch, J. P. Jacobsen, M. Knudsen et S. P. L. Sörensen;* Copenhague et Hambourg, 1901.

Les rapports qui existent entre les divers sels tenus en dissolution dans la mer sont-ils assez constants pour justifier cette manière de faire ? Nous avons eu des raisons d'en douter, malgré l'opinion classique, et c'est pour cela que nous avons entrepris les recherches dont nous donnons aujourd'hui les premiers résultats.

Ces résultats se rapportent à la différence de composition chimique relative qui existe entre l'eau de l'Atlantique et l'eau de la Méditerranée.

Nous n'avons pas dosé la plupart des éléments contenus dans ces eaux, mais seulement les corps pour lesquels, après des expériences de contrôle sur des mélanges ou eaux de mer synthétiques, nous avons reconnu possible d'atteindre un degré de précision assez grand : l'ensemble des halogènes, le calcium et le magnésium. Nous n'avons pas cru pouvoir compter suffisamment sur le dosage du sodium, et nous avons laissé, cette fois, celui du potassium. Quant au dosage de l'acide sulfurique, nos expériences sur les eaux de mer synthétiques ont montré qu'il était trop largement influencé par la masse des sels présents (1).

On connaît le grand degré de précision du dosage des halogènes par le titrage argentique. Pour établir celui des dosages du calcium et du magnésium par les méthodes dont nous nous sommes servis, nous avons opéré sur des eaux de mer synthétiques ayant à très peu près la composition de l'eau de l'Océan. Voici les résultats que nous avons obtenus :

	Calcium introduit par litre de solution.	Calcium trouvé.	Différences pour 100 de calcium.
I	0g,455	0g,455	0,0
II	0g,456	0g,455	0,2

	Magnésium introduit par litre de solution.	Magnésium trouvé.	Différences pour 100 de magnésium.
I	1g,272	1g,280	0,6
II	1g,276	1g,280	0,3

Nous avons alors appliqué ces méthodes à l'examen d'un échantillon récolté dans l'Atlantique, au large d'Ouessant, et sur un échantillon de la Méditerranée prélevé au large de Banyuls. Nous avons trouvé, par litre :

	Atlantique.	Méditerranée.
	g	g
Chlore	19,60	20,96
Calcium	0,410	0,447
Magnésium	1,235	1,355

---

(1) Les détails de nos expériences paraîtront dans un Mémoire ultérieur.

Si les deux échantillons n'avaient différé l'un de l'autre, suivant la notion classique, que par la concentration, les mêmes sels auraient dû s'y rencontrer dans les mêmes rapports et, en passant de l'eau de l'Atlantique à celle de la Méditerranée, nous aurions trouvé dans cette dernière, en calculant d'après le chlore :

		au lieu de :	Différences p. 100 de métal.
Calcium..........	0g,438	0g,447	2,0
Magnésium........	1g,326	1g,355	2,3

De telles différences, de beaucoup supérieures à celles qui peuvent résulter de l'emploi des méthodes analytiques dont nous nous sommes servis, montrent, au moins en ce qui concerne l'Atlantique et la Méditerranée, que la composition chimique relative des eaux de mer n'est pas aussi constante qu'on l'admet d'habitude en Océanographie [1].

Par suite, la méthode actuelle d'évaluation de la salinité, établie d'après une seule composition chimique, n'est pas valable pour toutes les mers et doit être considérée, en général, comme approximative [2]. Cette méthode peut suffire pour les besoins de la pêche et de certaines recherches biologiques; mais, ne permettant pas de pousser avec certitude le degré d'approximation jusqu'à la limite de précision atteinte par la prise de la densité ou même par le titrage des halogènes, elle doit s'effacer devant ces deux déterminations lorsqu'il s'agit d'étudier les courants marins.

---

(1) Il faut probablement étendre cette conclusion même aux diverses régions d'un seul Océan. D'après les analyses de Thoulet, publiées dans le fascicule 22 des *Résultats des Campagnes scientifiques accomplies par Albert Ier* (Monaco, 1902), et portant sur une série d'échantillons recueillis dans l'Atlantique, les différences obtenues en calculant la chloruration à l'aide des Tables de Knudsen, 1° d'après le titrage à l'argent, et 2° d'après la densité, varient de — 0g,07 à + 0g,07 par litre. M. Chevalier se demande à cette occasion si ces écarts ne s'expliqueraient pas par « l'hypothèse que les eaux de même densité ne contiennent pas toujours la même quantité de chlore ou, en d'autres termes, ne présentent pas exactement la même composition chimique ».

(2) Dans une Notice publiée dans le *Bulletin des Pêches de Madrid* (juillet-août 1919), J.-F. Hernandez signale la différence entre la densité réelle de l'eau de la Méditerranée et celle calculée à l'aide des Tables de Knudsen d'après le titrage du chlore. Cette différence tient évidemment à ce que les Tables ont été établies d'après une composition chimique ne s'appliquant pas à l'eau de la Méditerranée.

PALÉONTOLOGIE. — *La faune villafranchienne des Sables de Chagny (Saône-et-Loire).* Note [1] de M. **Lucien Mayet**, transmise par M. Ch. Depéret.

Depuis le moment où, en 1893, Ch. Depéret décrivait de façon détaillée la faune pliocène des Sables de Chagny [2], trois espèces sont venues s'ajouter à celles déjà signalées dans cet important dépôt alluvial : *Trogontherium Cuvieri* Fischer, *Elephas planifrons* Falconer, *Cervus arvernensis* Croizet et Jobert.

Trogontherium Cuvieri est représenté par une demi-mandibule droite figurée par Ch. Depéret sous le nom de *Castor issiodorensis* Croizet et Jobert; par une demi-mandibule gauche provenant d'un lambeau des Sables de Chagny existant à Curtil près Pommard; par un fémur droit trouvé dans ce même gisement. L. Collot a montré [3] que ces divers ossements fossiles devaient être rapportés à *Trogontherium Cuvieri* Fischer.

Elephas planifrons. — A cette mutation ancienne du rameau phylétique se terminant par *E. meridionalis* Nesti, se rapporte le squelette mis au jour à Bellecroix, près Chagny, en juin 1920 et sur lequel nous avons, avec MM. Pierre Nugue et J. Dareste de La Chavanne, attiré l'attention de l'Académie [4]; une dernière molaire inférieure droite dont le moulage est au musée de Beaune (original dans la collection du regretté Dr Loydreau); une dernière molaire inférieure droite conservée à l'École Nationale des Mines et diverses autres dents trop incomplètes pour qu'il puisse en être fait état.

Cervus arvernensis est cité d'après un fragment de bois trouvé au contact du squelette d'*E. planifrons* de Bellecroix. Le type de ce grand cerf élaphoïde est du Pliocène le plus récent, sinon du Pléistocène le plus ancien d'Auvergne : Perrier?, Malbattu, près Issoire. Sur notre pièce de Chagny, qui comprend la meule, le bas de la perche et l'origine du premier andouiller, se retrouvent les caractères de l'espèce : bois rond, sillonné, avec premier andouiller prenant naissance au contact de la meule, ayant

---

(1) Séance du 1er mai 1922.

(2) Delafond et Depéret, *Les terrains tertiaires de la Bresse* (Paris, Imprimerie Nationale, 1893).

(3) *Revue Bourguignonne*, t. 16, 1906, n° 3.

(4) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 308.

une disposition proclive tout à fait caractéristique, car il se trouve déjeté vers le bas, en avant, presque parallèlement au front de l'animal.

La liste des espèces constituant la faune des Sables de Chagny se présente actuellement comme suit :

Equus Stenonis Cocchi. — *Tapirus arvernensis* Croizet et Jobert (= *T. intermedius* Jourdan; *T. Vialetti* Aymard; *T. minor* Gervais). — *Rhinoceros etruscus* Falconer. — *Cervus* (*Axis*) *pardinensis* Croizet et Jobert. — *Cervus* (*Elaphus*) *arvernensis* Croizet et Jobert (= *C. Roberti* Pomel; *C. polignacus* Robert). — *Cervus* (*Elaphus*) *etueriarum* Croizet et Jobert. (= *C. rusoides* Pomel). — *Cervus* (*Elaphus*) *perrieri* Croizet et Jobert. — *Cervus* (*Capreolus*) *cusanus* Croizet et Jobert (= *C. platycerus* Pomel; *Cervulus cusanus* de Serres; *Cervus buladensis* Depéret). — *Cervus* (*Polycladus*) *Douvillei* Depéret. — *Gazella burgundina* Depéret. — *Bos* (*Leptobos*) *elatus* Croizet et Jobert. — *Mastodon arvernensis* Croizet et Jobert (= *Anancus macroplus* Aymard; *Mastodon dissimilis* Jourdan). — *Mastodon Borsoni* Hays (= *M. vellavus* Aymard; ? *M. Vialetti* Aymard). — *Elephas planifrons* Falconer (= *E. meridionalis* Nesti *pro parte*). — *Trogontherium Cuvieri* Fischer (= *Castor issiodorensis* Croizet et Jobert *pro parte; C. plicidens?* Forsyth Major, espèce non décrite par cet auteur). — *U. arvernensis* Croizet et Jobert (= *U. minimus* Devèze et Bouillet; *U. minutus* P. Gervais). — *Hyaena perrieri* Croizet et Jobert (= *H. topariensis* Major). — *Machairodus crenatidens* Fabrini (= *M. sainzelli* Aymard).

Par cette faune nombreuse de Mammifères, l'âge villafranchien des sables de Chagny se trouve confirmé de façon précise. Ils se parallélisent bien avec les alluvions ponçeuses de Perrier et leurs affinités paléomammalogiques sont, malgré la présence de certaines espèces à tendance évolutive vers le Pleistocène, nettement pliocènes.

Aussi nous paraît-il difficile d'admettre l'opinion récemment exprimée par M[lle] Yvonne de Boisse de Black (¹), qui regarde la faune de Perrier comme étant une faune de passage du Plaisancien à l'Astien et celle de Chagny, comme une faune de passage de l'Astien au Sicilien.

Ces deux faunes sont contemporaines. Elles caractérisent l'une et l'autre des alluvions sensiblement de même âge et qui appartiennent au Villafranchien.

(¹) *Comptes rendus de la Société géologique de France*, 21 novembre 1921, p. 201.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence du sélénium sur l'évolution végétale, en présence ou en l'absence de radioactivité.* Note de M. J. **Stoklasa**, présentée par M. L. Maquenne.

Pour étudier cette question nous avons employé la méthode de culture en solutions aqueuses. Les plantes étant placées d'ailleurs dans les conditions les plus favorables, nous avons examiné l'influence qu'exercent sur leur développement et la production de la chlorophylle les sélénites et les séléniates alcalins, dans des liqueurs nutritives chargées ou non d'émanation.

Dans les expériences dont nous allons parler, la concentration en sélénium a varié de 5.10^{-6}, 10^{-5}, 5.10^{-5}, 10^{-4}, 5.10^{-4}, 10^{-3} et 5.10^{-3} jusqu'à 10^{-2} d'atome-gramme par litre de solution ; celle-ci fut renouvelée tous les quinze jours pour éloigner les produits de réduction qui s'y formaient.

On a étudié spécialement six espèces différentes : *Hordeum distichum, Zea maïs, Polygonum fagopyrum, Vicia faba, Soja hispida* et *Lupinus angustifolius*.

Le seul examen des cultures décèle immédiatement l'influence déprimante du sélénium, le sélénite de sodium se montrant toujours plus toxique que le séléniate. Il arrive même que la production végétale est augmentée par les très faibles doses de séléniate de sodium, par exemple 5.10^{-6} et jusqu'à 10^{-5} P.M. par litre ; il se produit là un effet stimulant qui a été surtout sensible avec le maïs.

L'action toxique augmente d'intensité à mesure que la concentration en sélénium devient plus forte ; avec 0,01 d'atome-gramme, sous la forme de sélénite de sodium, dans 1^l de solution nutritive, le maïs, le sarrasin, la fève et le lupin dépérissent peu à peu et finissent par mourir.

Pour reconnaître l'influence de la radioactivité sur le développement de nos plantes, nous avons opéré de la même manière que dans notre étude de la germination ; chaque pot de culture renfermait 3500^{cm^3} de liqueur nutritive, normale ou additionnée d'eau radioactive, à raison de

$$14\,\text{M.E.} = 0^{mg},0000056$$

de radium par plante et par jour. Toutes choses étant égales d'ailleurs, les expériences se trouvaient être ainsi rigoureusement comparables.

Les nombres inscrits dans le Tableau suivant font connaître les poids de matière végétale élaborée dans ces conditions par dix sujets semblables

en 12 à 16 semaines de culture, dans des liqueurs renfermant 5.10^{-4} P.M. de sélénite de sodium par litre, dose reconnue antérieurement nuisible en l'absence d'émanation.

	Durée de l'expérience.	Sans émanation.	Avec émanation.
		g	g
Hordeum distichum........	99 jours	22,09	50,03
Zea maïs..................	112 »	66,20	114,60
Polygonum fagopyrum.....	84 »	0,36	5,06
Lupinus angustifolius.......	99 »	5,32	21,39
Vicia faba................	99 »	22,17	52,90

Ces résultats sont très instructifs; ils nous montrent que la radioactivité du milieu, entretenue journellement à 14 M. E., soit $0^{mg},0000056$ de radium par plante, neutralise presque complètement la nocivité du sélénite de sodium sur les plantes en voie d'accroissement. C'est le même effet que nous lui avions déjà reconnu au cours de nos recherches sur la germination et l'on peut l'attribuer de même à une influence oxydante de l'émanation, qui changerait le sélénite en séléniate; il nous semble pourtant que cette explication n'est pas suffisante et qu'à côté de cette action il doit se produire d'autres phénomènes capables, même en présence de sélénium, d'activer les échanges intracellulaires, avec ou sans chlorophylle.

Il est intéressant de remarquer que la toxicité du bioxyde de sélénium est beaucoup plus puissante que celle du bioxyde de soufre. A la dose de $0^{vol},001$ pour 100 d'anhydride sélénieux tous les sujets expérimentés sont morts en une ou deux heures, tandis qu'avec l'anhydride sulfureux ils n'étaient que peu attaqués. A la lumière, le bioxyde de sélénium, à la concentration de $0^{vol},0005$ pour 100, est moins actif qu'à l'obscurité : la chlorophylle ne se détruit plus aussi facilement et la photosynthèse ne s'amoindrit pas autant qu'avec une dose égale d'anhydride sulfureux, qui est déjà fort nuisible. L'explication de cette différence est simple.

A la suite de nombreuses recherches nous avons reconnu que le sélénium absorbé par la plante y est ramené, sous l'influence de la lumière, à l'état de corps rouges de nature colloïdale (le sélénium élémentaire n'est pas nuisible à la végétation); la cellule vivante à la lumière et particulièrement sous l'influence de la radioactivité, possède donc la faculté de réduire et par conséquent de rendre inoffensives les combinaisons solubles du sélénium. Nous avons fait à ce sujet des expériences tout à fait démonstratives dans des milieux contenant des sélénites ou des séléniates, avec ou sans émanation, à la lumière et à l'obscurité.

En résumé, l'émanation du radium exerce une action des plus avantageuses sur la synthèse végétale qui, à la lumière, se traduit notamment par la disparition à peu près complète des propriétés toxiques du sélénium.

Nous nous proposons d'étudier d'une manière plus approfondie les curieux effets photochimiques que produit le sélénium en présence du radium.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'équilibre superficiel du sérum et de certaines solutions colloïdales.* Note de M. F. Lecomte du Noüy, présentée par M. Charles Richet.

Dans une première Note nous avons résumé les résultats obtenus en mesurant à de courts intervalles, de l'ordre de la minute, la tension superficielle d'une même couche liquide, et nous avons signalé l'action, dans de certaines conditions, de substances colloïdales organiques, principalement du sérum, sur la cristallisation de NaCl.

La même technique nous a permis d'étudier un phénomène contraire; à savoir le rétablissement de la tension superficielle du sérum et d'autres solutions après l'abaissement causé par l'addition d'une substance fortement surface-active.

Lorsqu'on ajoute à du sérum une petite quantité d'oléate, de glycocholate ou de taurocholate de soude, en poudre ou en solution, la tension superficielle s'abaisse brusquement, de 60 à 38 dynes par exemple, mais remonte immédiatement, aussitôt qu'un certain minimum est atteint. L'appareil dont nous nous servons permettant des mesures de 30 en 30 secondes et même moins, nous avons pu établir la courbe du phénomène, qui ressemble aux courbes typiques d'adsorbtion. En quelques minutes, la tension initiale est rétablie, et souvent momentanément dépassée. Ensuite, la chute normale, en fonction du temps se produit, en général, moins considérable qu'elle ne l'eût été sans l'adjonction de substance étrangère.

Ce phénomène, transporté dans l'organisme, devient un phénomène de défense, lorsque, dans la jaunisse, d'importantes quantités de glycocholate et de taurocholate de soude sont répandues dans le sang. Une hémolyse fatale se produirait si la tension n'était pas rétablie rapidement par cette action antagoniste des particules colloïdales. Cette action du sérum a déjà été signalée par quelques auteurs, sans qu'aucune explication de son mécanisme ait été donnée.

Le phénomène diminue en fonction de la dilution, et devient très peu sensible pour une dilution du $\frac{1}{1000}$, lorsque la concentration de l'oléate de soude est $\frac{1}{10000}$. Les courbes sont de la forme $y = ae^{bx}$, et en général parallèles pour le même animal, lorsqu'elles sont portées sur papier semi-logarithmique. La chaleur (sérum chauffé à 56°) affecte le phénomène en augmentant la vitesse de rétablissement au début, puis en la diminuant de telle sorte que la courbe représentant le rétablissement d'un sérum chauffé coupe celle du sérum non chauffé, entre la cinquième et la dixième minute, en général, et demeure finalement bien au-dessous de celle-ci.

En faisant les mêmes expériences avec des solutions de gomme arabique, de gélatine, d'albumine d'œuf, en se plaçant dans les conditions convenables, on observe les mêmes faits, mais moins marqués.

PSYCHOLOGIE. — *Étude des temps de réactions psycho-motrices tactiles chez l'homme normal.* Note de MM. **P. Béhague** et **J. Beyne**, présentée par M. Charles Richet.

L'appareillage pratique que nous avons réalisé pour effectuer la mesure des réactions psycho-motrices, détermine :

1° Des excitations suffisamment éloignées du seuil pour obtenir le temps de réactions minimal ;

2° Des excitations dont la qualité et la quantité demeurent fixes ;

3° Des excitations auditives et visuelles relativement intenses ;

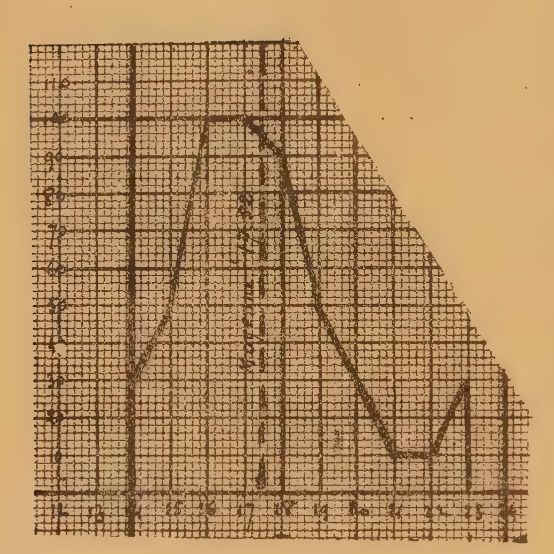
4° Des excitations tactiles qui, d'une part, sont produites de manière à ne mettre en jeu que la sensibilité cutanée pure, à l'exclusion des sensibilités profondes, et qui, d'autre part, sont assez fortes.

Dans ces conditions expérimentales, nous avons examiné un grand nombre d'hommes de 18 à 25 ans, paraissant entièrement normaux à tous les points de vue. Sur chaque sujet, dix déterminations au moins ont servi à établir une moyenne arithmétique pour chaque nature d'excitation.

Les durées des réactions psycho-motrices visuelles, auditives et tactiles, chez ces sujets, sont représentées par les courbes suivantes.

Il ressort de ces courbes que, chez nos sujets, les temps de réaction se répartissent dans certaines zones et que les zones correspondant aux temps les plus fréquemment observés s'étendent :

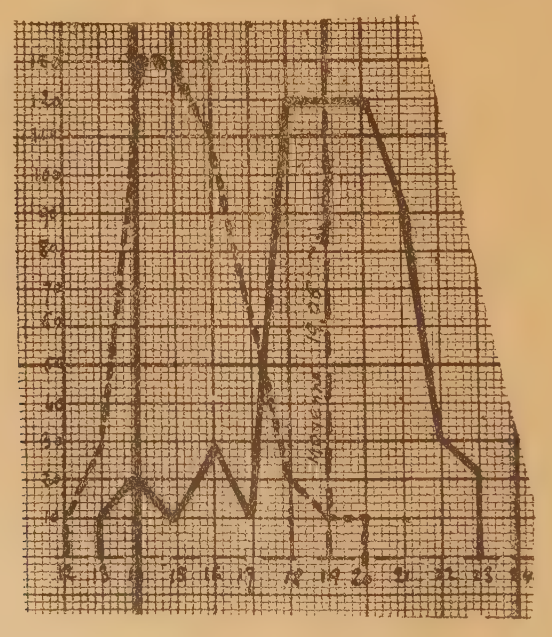
Pour les réactions visuelles, entre 15 et 19 centièmes de seconde ;
Pour les réactions auditives, entre 13 et 16 »
Pour les réactions tactiles, entre 18 et 21 »



Courbe I. — Temps de réactions psycho-motrices visuelles.

Courbe II. — Temps de réactions psycho-motrices auditives.

En abscisses : les temps de réaction en centièmes de seconde. En ordonnées : le nombre des sujets dont les temps de réactions correspondent aux durées exprimées en abscisses.



Courbe III. — Temps de réactions psycho-motrices tactiles.

En abscisses : les temps de réaction en centièmes de seconde. En ordonnées : le nombre de sujets dont les temps de réactions correspondent aux durées exprimées en abscisses. *Trait plein* : excitations par pinceau. *Trait interrompu* : excitations par marteau.

L'un de nous a déjà montré combien ces notions de zone des temps de réaction le plus souvent observés étaient mieux adaptées à l'utilisation pratique que celle de la moyenne des temps; nos graphiques montrent précisément que la moyenne arithmétique ne s'inscrit pas nécessairement au centre de la zone des durées les plus fréquentes.

Pour ce qui est des réactions *visuelles et auditives*, nos résultats sont très comparables à ceux qui ont été déjà recueillis.

Les résultats des expériences relatives à la durée des réactions *tactiles* peuvent se répartir en deux groupes :

L'un, dont les durées moyennes des temps de réaction oscillent autour de $\frac{14}{100}$ de seconde (Camus et Nepper, Maublanc et Ratié, Guillain et Ambard);

L'autre, comprenant les temps de réaction dont les moyennes arithmétiques $\frac{20,5}{100}$ de seconde (Piéron, Kiésow, Herlitzka).

Nous nous sommes efforcés de réaliser des excitations tactiles purement cutanées, en utilisant comme excitant un pinceau effleurant la peau; dans ces conditions nos temps de réactions tactiles se sont répartis dans une zone comprise entre 18 et 21 centièmes de seconde, avec une valeur moyenne de 19,06, très voisine de celle du deuxième groupe d'expériences.

Par contre, lorsque nous avons employé comme excitant une masse choquant un plan osseux, nous avons retrouvé des valeurs de temps de réactions se rapprochant nettement de celles du premier groupe.

Cette différence systématique d'environ 5 à 6 centièmes de seconde entre les deux groupes de résultats est d'interprétation difficile.

Nous pensons qu'il s'agit d'une différence imputable à ce que, dans les expériences du professeur Herlitzka ([1]) comme dans les nôtres, les excitations ne mettent certainement en jeu que la *sensibilité cutanée* pure. Et la durée de $\frac{20}{100}$ de seconde représenterait alors la moyenne des temps de réactions « tactiles vraies ».

Cette hypothèse aurait pour elle les données actuelles de la neurologie qui ont établi combien sont distinctes l'une de l'autre les sensibilités cutanée et profonde. Nombreux sont les malades qui présentent une sensibilité *profonde* très altérée avec une sensibilité cutanée intacte (non-perception des vibrations d'un diapason et sensation nette des flocons d'ouate) et *vice versa*.

De l'ensemble de nos recherches il paraît résulter que :

([1]) Les excitations tactiles, réalisées dans nos expériences par le frôlement d'un pinceau, l'étaient dans le dispositif du professeur Herlitzka par un courant d'air.

1° La mesure des réactions psycho-motrices exige un déterminisme expérimental rigoureux, rendant comparables entre elles les expériences effectuées par des observateurs différents; en particulier les excitations de contact, suivant qu'elles sont faibles et ne mettent en jeu que la sensibilité cutanée, ou fortes, excitant tous les modes sensitifs, provoquent des réactions de durées nettement différentes;

2° Les valeurs physiologiques des temps de réactions oscillent non point de part et d'autre d'une moyenne, mais dans une zone un peu plus étendue que ne le ferait croire la notion de « temps moyen »; et dans cette zone certaines valeurs moins fréquentes semblent néanmoins physiologiques;

3° Les valeurs des temps de réactions chez un même sujet sont moins fixes que ne l'ont admis certains auteurs et présentent des évolutions légères à l'intérieur de la zone physiologique, suivant les jours et les heures; de ce fait les réactions psycho-motrices rentrent dans la loi générale des fonctions biologiques.

ZOOLOGIE. — *Sur l'ontogenèse des Poissons Scombriformes appartenant à la famille des* Luvaridés. Note de M. **Louis Roule**, présentée par M. Bouvier.

Cette famille a été créée par Gill (1879), aux dépens des *Stromateidés*, pour *Luvarus imperialis* Rafinesque, espèce bathypélagique rare de la Méditerranée et de la région atlantique européo-mauritanique. On doit adjoindre à cette espèce *Astrodermus elegans* Risso, qui, rangée parmi les *Coryphénidés*, n'est autre cependant, selon Giglioli et Day (1880-1884), qu'une forme jeune de l'espèce. Les individus que j'ai eu l'occasion d'étudier récemment me permettent de compléter la documentation entogénitique.

A. La phase la plus jeune est offerte par une larve appartenant à la collection recueillie dans ses croisières par S. A. S. le Prince de Monaco (Station 1736, année 1904; filet à grande ouverture, 0-500^{m}; Archipel des Canaries, non loin de Palma). Cette larve, transparente, mesure seulement 7^{mm} de longueur. Elle présente toutefois certaines particularités caractéristiques de l'espèce : corps comprimé latéralement, bouche petite, dorsale à 23 rayons, anale à 17 rayons. La dorsale et l'anale sont confluentes à la caudale; les nageoires pelviennes consistent en ébauches minuscules, distantes de l'anus. La nageoire dorsale commence au-dessus de la part postérieure de la tête.

B. La phase suivante mérite, à mon avis, d'être distinguée par le terme *coryphéniforme*, en raison de la persistance de la disposition larvaire qui place le début de

la nageoire dorsale au-dessus de la tête, comme chez les *Coryphénidés*. L'individu s'accroît fortement pendant cette phase, et revêt progressivement les caractères de l'adulte. La caudale s'isole, devient autonome, se munit de son pédoncule caudal carêné. L'anus se rapproche des pelviennes et s'écarte à cet effet du début de l'anale. Les téguments se couvrent de leurs fines scutelles, donnant à la peau un aspect rugueux. Cette phase comprend trois périodes successives :

1° La première d'entre elles est celle que Day a déjà figurée par un dessin au trait. J'ai eu l'occasion d'en étudier un représentant, pris à Nice en septembre 1921, que le Musée d'Histoire naturelle de cette ville m'avait confié pour le déterminer. Il mesure 103^{mm} de longueur totale. Ses caractères essentiels lui sont donnés par sa pigmentation et par la conformation de ses nageoires pelviennes. Le tronc est entièrement recouvert de nombreuses taches noires, circulaires, presque égales, rappelant celles des *Lamprididés* par leur disposition. Chacune des pelviennes est munie d'un long rayon étiré en filament qui s'étend en arrière jusqu'au niveau du pédoncule caudal. Cette période peut donc se qualifier comme *phase coryphéniforme tachetée à longues pelviennes*. La nageoire dorsale compte 23 rayons, et l'anale 17.

2° La période suivante diffère de la précédente par la réduction des pelviennes en longueur. C'est elle que les auteurs ont décrite sous diverses appellations, dont la plus correcte est celle d'*Astrodermus elegans* Risso. Valenciennes (1833) en a donné une excellente description, accompagnée d'une bonne figure. L'individu décrit par lui, conservé dans les collections du Muséum national d'Histoire naturelle, mesure 343^{mm} de longueur totale. La qualification en serait de *phase coryphéniforme tachetée à courtes pelviennes*. La nageoire dorsale porte de 22 à 23 rayons, et l'anale 17 ou 18.

3° La troisième et dernière période de cette phase se caractérise par la disparition des taches pigmentaires. L'individu revêt alors la livrée de l'adulte, dont il diffère encore par l'extension, en avant, sur la moitié antérieure du corps, des nageoires dorsale et anale. Sa qualification serait de *phase coryphéniforme non tachetée à courtes pelviennes*. Les Collections du Muséum en contiennent deux exemplaires, dont le plus petit mesure 415^{mm} de longueur totale, et le plus fort 620^{mm}. Le premier porte 23 rayons à la dorsale (2 + 21), alors que le second n'en a plus que 19 (5 + 14) avec une anale dont les quatre premiers rayons ont diminué.

C. L'individu passe ensuite à la forme définitive adulte, tout en continuant à grandir, et revêt la structure caractéristique de *Luvarus*, dont les quelques exemplaires connus mesurent 1^{m} à $1^{m},50$ de longueur. Les parties antérieures des nageoires dorsale et anale ont cessé de croître, de telle sorte que ces nageoires finissent par être représentées seulement par leurs régions moyenne et terminale, reléguées dans la moitié postérieure du tronc et munies seulement de 13 ou 14 rayons bien développés.

Cette remarquable famille des *Luvaridés*, outre ses particularités si spéciales de structure, montre donc, par surcroît, dans son ontogénèse, des dispositions tout aussi intéressantes. D'abord, les jeunes individus commencent par ressembler, non pas à leurs reproducteurs adultes, mais aux représentants d'autres familles de Scombriformes, les *Coryphénidés* en premier lieu, puis les *Lamprididés* et les *Stromatéidés*. Ensuite la méta-

morphose, qui leur donne progressivement l'aspect définitif, est de durée fort longue, car ses principales étapes ont lieu, non pas chez l'alevin de première jeunesse, mais chez des êtres assez avancés dans leur développement pour qu'on ait pu les considérer comme formant un genre distinct dans une autre famille que la leur.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Sur l'histogénèse des épithéliomas baso-cellulaires*. Note de M. **F. Ladreyt**, présentée par M. Charles Richet.

D'une façon générale, on considère l'assise épidermique basale comme la matrice des épithéliomas baso-cellulaires; la cytologie et l'évolution de ces néoplasmes nous permettent-elles d'accepter, sans restrictions, cette conclusion?

A côté des lobules et des tubes caractéristiques des épithéliomas malpighiens, j'ai observé, dans plusieurs cancers cutanés, des groupements cellulaires dont la morphologie et l'évolution sont assez particulières : je les désigne provisoirement sous le nom de *formations atypiques*. Dans certaines régions, les plages atypiques — amas et tubes compacts ou centrés par une cavité que limite une paroi unie ou pluristratifiée — sont localisées dans des alvéoles conjonctives et réalisent le schéma général du carcinome; d'autres fois, les éléments épithéliomateux constituent des masses volumineuses ou des traînées d'infiltration dont les éléments arrondis, globuleux, fusiformes, etc., sont assez comparables aux cellules des épithéliomas baso-cellulaires. J'ajoute qu'il existe tous les intermédiaires entre les éléments très polymorphes et les cellules cylindriques, cylindro-cubiques. polyédriques, etc., dont sont constitués certains amas atypiques au début de leur évolution néoplasique.

Quelle que soit leur morphologie, les éléments des amas atypiques présentent un chondriome localisé, sous forme de grains ou de courts bâtonnets, dans le voisinage immédiat du noyau ou à la base de la cellule; cet appareil est donc très différent du chondriome basal ou malpighien auquel les filaments d'Erxheimer confèrent un faciès si caractéristique. On ne saurait objecter que le chondriome des éléments atypiques pourrait être un appareil mitochondrial épidermique modifié par le processus cancéreux : les épithéliomas spino-cellulaires ne possèdent-ils pas un chondriome épidermique typique? Les seules formations auxquelles il nous soit permis de comparer les chondriosomes des éléments atypiques sont

les granulations et les bâtonnets qui constituent le chondriome des appareils pilo-glandulaires. D'autre part, si, au début de leur cancérisation, les amas et tubes atypiques présentent tous les caractères cytologiques des organes pilo-glandulaires, à la fin de leur développement, leur morphologie se modifie à un tel point que ce n'est plus à ces formations que nous pouvons les homologuer, mais aux cellules dont sont constitués les épithéliomas baso-cellulaires.

En résumé, l'appareil pilo-glandulaire de la peau donne naissance à des formations néoplasiques dont la cytologie et l'évolution rappellent si étroitement la morphologie et le développement des éléments qui constituent les épithéliomas baso-cellulaires que nous croyons pouvoir considérer l'épithélioma baso-cellulaire comme un des types néoplasiques le plus habituel des cancers pilo-glandulaires.

A côté des types néoplasiques épithéliaux et conjonctif, se différencient, *dans l'hypoderme périkystique,* des masses adipeuses dont l'ensemble présente tous les caractères d'un fibro-lipome. L'étiologie de cette néoformation me paraît relever d'une sorte de suractivité trophique consécutive à la « surdilatation » vasculaire d'origine inflammatoire provoquée vraisemblablement par le voisinage des néoplasmes épithéliaux et conjonctif.

Les phénomènes qui traduisent l'évolution cancéreuse et hyperplasique de la paroi kystique et de l'hypoderme périkystique semblent présenter une filiation naturelle : c'est ainsi qu'une phase irritative caractérisée par la dyskératose mono et pluricellulaire, la dégénérescence hyaline, les réactions vasculo-conjonctives, etc., paraît précéder la différenciation de l'épithélioma malpighien comme l'hyperplasie des appareils pilo-glandulaires, l'infiltration lympho-conjonctive, la dilatation et la congestion vasculaire, etc., constituent, semble-t-il, les phases prénéoplasiques du lymphocytome dermique ou prénéoformatives du fibro-lipome hypodermique.

MICROBIOLOGIE. — *Contribution à l'étude de la culture* in vitro *du virus de la vaccine.* Note de M. **Harry Plotz**, présentée par M. Roux.

Depuis que Jenner attira en 1798 l'attention sur l'importance de la vaccination antivariolique, de nombreuses tentatives ont été faites pour cultiver le virus de la vaccine. En dehors de son intérêt propre, la culture de ce virus aurait l'avantage de supprimer les infections secondaires dues aux microbes contenus dans la pulpe vaccinale.

Au cours des recherches que nous avons entreprises avec M. Besredka sur le mécanisme de l'infection et de l'immunité dans la vaccine, il a été observé le fait suivant : chez le lapin inoculé avec de la pulpe vaccinale, sur une grande étendue de la peau, on constate, au bout de quelque temps, la présence du virus dans le cerveau. La propagation du virus ne pouvant s'effectuer que par la voie sanguine, nous avons essayé de le cultiver, en prenant comme point de départ le sérum du lapin inoculé.

Sur la peau épilée de l'abdomen d'un lapin neuf, lavée à l'eau savonneuse, on pratique de multiples incisions superficielles. On frictionne ensuite la peau avec quelques gouttes de pulpe vaccinale ou mieux encore avec de la pulpe non glycérinée. Après 72^h-96^h, le lapin est saigné à blanc, et son sérum est porté à la dose de 2^{cm^3}-3^{cm^3}, dans des tubes à essai renfermant le milieu de Smith-Noguchi.

Ce milieu, réparti en tubes de 20^{cm} de longueur et de $1^{cm},5$ de diamètre, est préparé avec du bouillon glucosé à 1 pour 100 et un gros fragment de rein exsangue, fraîchement prélevé chez un lapin neuf. Les tubes renfermant 10^{cm^3} de liquide, recouverts d'une bonne couche d'huile de vaseline, sont, après ensemencement, portés à l'étuve à 39°-40° C.

Les réensemencements sont faits dans 10^{cm^3} d'un milieu composé d'un mélange de sérum de lapin normal (une partie) et de bouillon glucosé à 1 pour 100 (trois parties), renfermant un fragment de rein de lapin fraîchement prélevé et recouvert également d'une couche d'huile de vaseline de 3^{cm^3} de hauteur. Chaque réensemencement est fait avec 1^{cm^3} de liquide.

Au bout de 24 heures d'étuve, le milieu devient opalescent; le léger nuage du début s'épaissit dans les trois à cinq jours qui suivent. Parfois on n'aperçoit rien à l'œil au commencement; ce n'est qu'au cours des réensemencements qu'une opalescence nette apparaît. Laissé à la température du laboratoire, le milieu s'éclaircit et forme au fond du tube un précipité blanc assez abondant.

C'est surtout dans ce précipité, étalé sur lame, séché à l'étuve et coloré pendant 5 minutes à chaud au bleu de Löffler, que l'on peut quelquefois voir, à l'examen microscopique, de toutes petites formes rondes, sorte de cocci, tantôt isolés, tant réunis en amas. Ces cocci mesurant $0^{\mu},2$ à $0^{\mu},3$ ne prennent pas le Gram. On ne distingue rien de net à l'ultramicroscope.

Inoculées au niveau de la peau du lapin, les cultures du cinquième passage ainsi obtenues produisent des lésions comparables à celles que donne la pulpe vaccinale : après quatre à cinq jours d'incubation, on voit apparaître de petits nodules qui ne tardent pas à devenir rouges, puis à se transformer

en pustules avec centre cratériforme; la lésion se dessèche dans la suite, se desquame; puis la peau reprend son aspect normal. Les pustules ont d'ordinaire 3^{mm} de diamètre; nous en avons vu qui avaient jusqu'à 3^{cm}. Des pustules caractéristiques ont été obtenues avec du liquide dilué à $\frac{1}{100000}$. Des lésions typiques ont été obtenues au niveau de la cornée chez le lapin et chez le cobaye : l'œil devient enflammé, l'ulcération apparaît, et la cornée devient trouble et le demeure pendant une quinzaine de jours.

Lorsqu'on injecte un peu de culture dans la veine d'un lapin neuf et que l'on rase ensuite la peau du ventre, en se conformant au procédé indiqué par Calmette et Guérin, on voit apparaître une éruption caractéristique. Sur coupes, la lésion cutanée, aussi bien que celle de la cornée, ne diffère en rien de celles produites par inoculation de la lymphe vaccinale : dans les deux cas on voit apparaître une zone inflammatoire avec des corpuscules de Guarnieri.

Bien que ces lésions obtenues avec les cultures diffèrent un peu par leur aspect de celles que donne l'inoculation de la pulpe vaccinale, nous estimons que nous avons affaire, quand même, à la culture du virus, pour les deux raisons suivantes :

1° Les animaux ayant reçu de la culture au niveau de la peau ou de la cornée, sont vaccinés vis-à-vis du virus de la pulpe vaccinale;

2° Le sérum des lapins injectés avec de la culture donne une réaction de fixation positive en présence de l'antigène préparé avec de la pulpe vaccinale.

Il a été fait jusqu'à présent 14 passages de tube à tube, tous strictement anaérobies. Il semble de quelques expériences faites avec des cultures du dixième passage, que leur virulence est diminuée en comparaison avec celles des premiers passages.

Notons que le sérum du lapin qui servit de point de départ à tous les ensemencements en série est incapable par lui-même de donner lieu à une lésion, lorsqu'il est inoculé à la peau ou à la cornée. Force nous est donc de conclure que le virus contenu dans ce sérum donne lieu à de véritables cultures dans le milieu que nous avons employé. Il nous reste à voir si, pour obtenir la culture du virus, on ne saurait trouver des conditions plus favorables.

M. R. de Bouy, de Poitiers, adresse un Mémoire de M. Des Perrières,

un de ses ancêtres, daté du 20 novembre 1770, intitulé : *Projet d'un bâtiment de mer pouvant naviguer entre deux eaux.* (Présenté par M. L. Bertin.)

La séance est levée à 16 heures et quart.

É. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances d'avril 1922 (*suite*).

Semicentennial publications of the University of California, 1868-1918 :

— *The binary stars,* by Robert Grant Aitken. New-York, Douglas C. Mc. Murtrie, 1918; 1 vol. 23cm.

— *Catalogue of the hemiptera of america north of Mexico, excepting the aphididæ, coccidæ and aleurodidæ,* by Edward P. Van Duzee. Berkeley, University of California press, 1917; 1 vol. 26cm.

— *Electrical phenomena in parallel conductors.* Vol. I : *Elements of transmission,* by Frederick Eugene Pernot. New-York, John Wiley, 1918; 1 vol. 24cm.

— *The fondamental equations of dynamics and its main coördinate septems vectorially treated and illustrated from rigid dynamics,* by Frederick Slate. Berkeley, University of California press, 1918; 1 vol. 22cm.

— *The game birds of California,* by Joseph Grinnell, Harold Child Bryant and Tracy Irvin Storer. Berkeley, University of California press, 1918; 1 vol. 26cm.

— *Logarithms of hyperbolic functions to twelve significant figures,* by Frederick Eugene Pernot and Baldwin Munger Woods. Berkeley, University of California press' 1918; 1 vol. 26cm.

— *The physical chemistry of the proteins,* by Brailsford Robertson. New-York, Longmans, Green and Co., 1918; 1 vol. 23cm.

— *The theory of the relativity of motion,* par Richard C. Tolman. Berkeley, University of California press, 1917; 1 vol. 24cm.

— *Typhoid fever, considered as a problem of scientific medicine,* by Frederick P. Gay. New-York, The Macmillan Company, 1918; 1 vol. 24cm.

— *Studies of the nebulæ* made at the Lick Observatory, University of California, at Mount Hamilton, California and Santiago, Chile. University of California press, 1918; 1 vol. 31cm.

— *Miscellaneaus studies in agriculture and biology.* University of California press, 1919; 1 vol. 26cm.

(*A suivre.*)